

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 9月12日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-266558

[ST.10/C]:

[JP2002-266558]

出 願 人

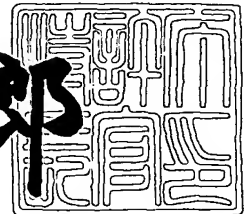
Applicant(s):

シャープ株式会社

2003年 6月17日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3047284

【書類名】 特許願

【整理番号】 02J02883

【提出日】 平成14年 9月12日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 3/00
G02F 1/13 505

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 北村 和也

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 岡田 訓明

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 関本 芳宏

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 倉田 幸夫

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 中西 浩

【特許出願人】

【識別番号】 000005049

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100080034

【弁理士】

【氏名又は名称】 原 謙三

【電話番号】 06-6351-4384

【選任した代理人】

【識別番号】 100113701

【弁理士】

【氏名又は名称】 木島 隆一

【選任した代理人】

【識別番号】 100115026

【弁理士】

【氏名又は名称】 圓谷 徹

【選任した代理人】

【識別番号】 100116241

【弁理士】

【氏名又は名称】 金子 一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003229

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0208489

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 マイクロレンズアレイの露光装置及び露光方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源からの光束を 2 次点光源化する 2 次点光源化手段と、
2 次点光源化された光を入射し、この光の輝度を調節する輝度調節手段と、
輝度調節された光を平行光束化し、予め形成された第 1 マイクロレンズアレイ
を介して、第 2 マイクロレンズアレイを形成する感光性樹脂層に導く平行光束化
手段とを備えたマイクロレンズアレイの露光装置。

【請求項 2】

上記 2 次点光源化手段は、上記入射光束を集光する複数の光学素子が 2 次元状
に配されたものであることを特徴とする請求項 1 に記載のマイクロレンズアレイ
の露光装置。

【請求項 3】

上記 2 次点光源化手段は、フライアイレンズであることを特徴とする請求項 2
に記載のマイクロレンズアレイの露光装置。

【請求項 4】

上記輝度調節手段は、所定波長の光に対する透過率分布を有する透過率分布マ
スクであることを特徴とする請求項 1 又 2 に記載のマイクロレンズアレイの露光
装置。

【請求項 5】

上記透過率分布マスクは、上記フライアイレンズの後側焦点位置近傍に配され
ることを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載のマイクロレンズアレイの露光装置。

【請求項 6】

上記透過率分布マスクは、階段状の透過率分布を有することを特徴とする請求
項 4 又は 5 に記載のマイクロレンズアレイの露光装置。

【請求項 7】

上記透過率分布マスクは、階調が 3 段階以上の透過率を有することを特徴とす
る請求項 4 ～ 6 のいずれか 1 項に記載のマイクロレンズアレイの露光装置。

【請求項 8】

上記透過率分布マスクは、その面内方向に所定のピッチで、領域内で同一透過率を示す複数の領域が形成されるような透過率分布を有し、上記ピッチは上記 2 次点光源間の距離の整数倍に等しいことを特徴とする請求項 4 ～ 7 のいずれか 1 項に記載のマイクロレンズアレイの露光装置。

【請求項 9】

上記平行光束化手段はコリメータレンズであることを特徴とする請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載のマイクロレンズアレイの露光装置。

【請求項 1 0】

上記フライアイレンズを構成する各レンズは、そのピッチを p とし、上記感光性樹脂の解像度と上記第 1 マイクロレンズアレイの分解能を考慮した上記感光性樹脂層上での分解能を S とし、上記コリメータレンズの焦点距離を f_c とし、上記第 1 マイクロレンズアレイの焦点距離を f_m とすると、上記ピッチ p は、 $p < S \cdot f_c / f_m$ を満足することを特徴とする請求項 3 ～ 9 のいずれか 1 項に記載のマイクロレンズアレイの露光装置。

【請求項 1 1】

上記コリメータレンズからの平行光束は、絞り部材を介して上記第 1 マイクロレンズアレイに入射され、

上記絞り部材を含めた上記コリメータレンズの有効開口数を NA_c とし、上記フライアイレンズの開口数を NA_f とすると、 $NA_c < NA_f$ を満足することを特徴とする請求項 9 又は 1 0 に記載のマイクロレンズアレイの露光装置。

【請求項 1 2】

上記絞り部材は、感光性樹脂層の光源側近傍に配置されていることを特徴とする請求項 1 1 に記載のマイクロレンズアレイの露光装置。

【請求項 1 3】

上記コリメータレンズの有効径、有効開口数、及び焦点距離をそれぞれ D_c 、 NA_c 、及び f_c とし、上記コリメータレンズからの平行光束の上記第 1 マイクロレンズアレイへの最大入射角を θ_i とすると、 $D_c = 2 \cdot f_c \cdot NA_c + 2 \cdot f_c \cdot \tan \theta_i$ を満足することを特徴とする請求項 9 ～ 1 2 のいずれか 1 項に

記載のマイクロレンズアレイの露光装置。

【請求項 1 4】

上記感光性樹脂層は、上記コリメータレンズの後側焦点位置に配されることを特徴とする請求項 9 ～ 1 3 のいずれか 1 項に記載のマイクロレンズアレイの露光装置。

【請求項 1 5】

上記絞り部材、及び上記感光性樹脂層の中心は上記コリメータレンズの光軸上に配され、

上記絞り部材と上記第 1 マイクロレンズアレイの間に照度調整手段を更に設けたことを特徴とする請求項 1 1 ～ 1 4 のいずれか 1 項に記載のマイクロレンズアレイの露光装置。

【請求項 1 6】

上記の照度調整手段は、上記光軸に対して対称な透過率分布を有し、入射される光の照度を均一化するフィルタであることを特徴とする請求項 1 5 に記載のマイクロレンズアレイの露光装置。

【請求項 1 7】

上記フィルタは、中央部ほど透過率が小さく、周辺部ほど透過率が大きくなる透過率分布を有することを特徴とする請求項 1 6 に記載のマイクロレンズアレイの露光装置。

【請求項 1 8】

上記 2 次点光源化手段と上記輝度調節手段との間に倍率変換手段を更に備えたことを特徴とする請求項 1 に記載のマイクロレンズアレイの露光装置。

【請求項 1 9】

上記倍率変換手段は正の屈折力を有する第 1 及び第 2 レンズ群からなり、

上記第 1 レンズ群と上記第 2 レンズ群の主点間距離は、上記第 1 レンズ群の焦点距離と上記第 2 レンズ群の焦点距離の和に等しく、

上記第 1 レンズ群の後側焦点位置に倍率変換手段用の絞り部材を設けたことを特徴とする請求項 1 8 に記載のマイクロレンズアレイの露光装置。

【請求項 2 0】

上記透過率分布マスクは、階段状の透過率分布を有することを特徴とする請求項 1 9 に記載のマイクロレンズアレイの露光装置。

【請求項 2 1】

上記 2 次点光源化手段はフライアイレンズであり、

上記輝度調節手段は、所定波長の光に対して、その面内方向に所定のピッチで、領域内で同一透過率を示す複数の領域が形成されるような透過率分布を有する透過率分布マスクであり、

上記ピッチは、上記フライアイレンズのレンズピッチに上記倍率変換手段による倍率を乗じたものに等しいことを特徴とする請求項 2 0 に記載のマイクロレンズアレイの露光装置。

【請求項 2 2】

上記フライアイレンズを構成する各レンズは、そのピッチを p とし、上記感光性樹脂層の解像度と上記第 1 マイクロレンズアレイの分解能を考慮した上記感光性樹脂層上での分解能を S とし、上記コリメータレンズの焦点距離を f_c とし、上記第 1 マイクロレンズアレイの焦点距離を f_m とし、上記倍率変換手段による倍率を m_b とすると、上記ピッチ p は、 $p < S \cdot f_c / (f_m \cdot m_b)$ を満足することを特徴とする請求項 2 1 に記載のマイクロレンズアレイの露光装置。

【請求項 2 3】

上記倍率変換手段に対して、上記フライアイレンズと上記透過率分布マスクとは共役な関係にあることを特徴とする請求項 2 1 又は 2 2 に記載のマイクロレンズアレイの露光装置。

【請求項 2 4】

上記コリメータレンズからの平行光束は、絞り部材を介して上記第 1 マイクロレンズアレイに入射され、

上記絞り部材は、マイクロレンズアレイ 1 チップに対応する大きさの開口部を有し、複数のチップをステップアンドリピートにて露光することを特徴とする請求項 1 9 ～ 2 3 のいずれか 1 項に記載のマイクロレンズアレイの露光装置。

【請求項 2 5】

上記絞り部材は、感光性樹脂層の光源側近傍に配置されていることを特徴とす

る請求項 2 4 に記載のマイクロレンズアレイの露光装置。

【請求項 2 6】

上記光源は、平行光束を出射することを特徴とする請求項 1 ～ 2 5 のいずれか 1 項に記載のマイクロレンズアレイの露光装置。

【請求項 2 7】

照射強度が略均一な光束を 2 次点光源化する工程と、

2 次点光源化した光の輝度をマイクロレンズアレイの加工形状に合致するように調節する工程と、

上記 2 次点光源化した光を複数の平行光束に変換する工程とを含み、

上記複数の平行光束がマイクロレンズアレイを通過する光によって感光性樹脂層に露光を行うことを特徴とするマイクロレンズアレイの露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、液晶パネル等に用いられるマイクロレンズアレイの露光装置及び露光方法に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

投影型液晶表示装置は、投影型ブラウン管表示装置と比較すると、色再現範囲が広い、小型・軽量であるため持ち運びしやすい、地磁気に影響されないのでコンバージェンス調整が不要など優れた特徴を持っており、大画面化も容易であることから、今後家庭用映像表示装置の主流になると考えられる。

【0 0 0 3】

液晶表示素子を用いたカラーの投影型画像表示方式には、三原色に応じて液晶表示素子を三枚用いる三板式と、一枚のみを用いる単板式とがある。前者の三板式は、白色光を R・G・B の三原色にそれぞれ分割する光学系と、各色光を制御して画像を形成する三枚の液晶表示素子とをそれぞれ独立に備えており、各色の画像を光学的に重畳してフルカラー表示を行うものである。

【0 0 0 4】

この三板式の構成では、白色光源から放射される光を有効に利用でき、かつ色の純度も高いという利点があるが、上述のように色分離系と色合成系が必要なため、光学系が繁雑で部品点数が多くなってしまい、低コスト化及び小型化が困難である。

【0005】

これに対して、単板式は、液晶表示素子を一枚のみ用いる構成であり、モザイク状、ストライプ状等の三原色カラーフィルタパターンを備えた液晶表示素子を投影光学系によって投影するもので、使用する液晶表示素子が一枚ですみ、かつ光学系の構成も三板式に比べて単純になるので、低コスト、小型の投影型システムに適している。

【0006】

しかし、前記単板式の場合にはカラーフィルタによる光の吸収または反射が起こるため、入射光の約 $1/3$ しか利用できず、このような欠点を解決するため、2層構成のマイクロレンズアレイを用いたカラーフィルタレスの単板式液晶表示装置が開示されている（例えば、特許文献1参照。）。

【0007】

これは、扇形に配置されたダイクロイックミラーによって、白色光源からの白色光をR、G、Bの各色に分割し、液晶表示素子の光源側に配置されているマイクロレンズアレイにそれぞれ異なった角度で入射するものである。第1のマイクロレンズアレイを通過した各光束は、第2のマイクロレンズにより、ダイクロイックミラーで分割されたR、G、Bの主光線がほぼ平行になるように屈折され、それぞれに対応した色信号が独立して印加される信号電極により駆動される液晶部位に分配照射される。

【0008】

この装置では、吸収型のカラーフィルタを用いないので、光の利用効率が向上するだけでなく、マイクロレンズアレイ透過後の各色の主光線がほぼ平行になるため、投影レンズに達するまでの各色の主光線の拡がり小さく、投影レンズでのケラレによる光量低下が無い場合、極めて明るい画像を提供することができる。

【0009】

ここで、第2のマイクロレンズは、G、Bの主光線を、Rの主光線に平行になるように偏向するために大きな屈折力が必要で、レンズ厚さが大きい上に画素配列がモザイク状となっており、垂直壁を形成する必要があるが、この部分の傾きはそのまま光効率の低下につながるという課題点を有するが、具体的な製造方法、露光方法は開示されていない。

【0010】

また、2層構成のマイクロレンズアレイの作製方法については、1層目を2P成形にて作製し、更に異なる屈折率材料で1層目と同じスタンプ型を用いて成形するという方法が開示されている（例えば、特許文献2参照。）。

【0011】

【特許文献1】

特開平7-181487号公報（公開日：平成7年7月21日）

【0012】

【特許文献2】

特開2000-98102号公報（公開日：平成12年4月7日）

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、前記2層構成のマイクロレンズアレイ作製方法においては、スタンプ型を真直性の良好な軸受けを用いて成形時に上下するが、この際、第1のマイクロレンズと第2のマイクロレンズの面内方向の位置合わせ精度が、前記軸受けの精度で決まってしまうため、必要な仕様である画素ピッチの10%以内に抑えることが困難であった。即ち、この範囲を超えて位置ずれが生じると、光効率が著しく低下するだけでなく、隣の画素に光束が入ってしまうことから、いわゆる混色が発生し画質を著しく低下させることが課題となっていた。

【0014】

また、前記位置ずれを最小限にとどめるには第1のマイクロレンズを成形した後、基板、スタンプ型共に装置に設置したまま第2のマイクロレンズを成形することが必要なため、第1マイクロレンズアレイと第2マイクロレンズアレイの形

状が同じになり、最適な光効率を得るために必要な設計の自由度が無く、特開平 7-181487 号公報開示の形状を作製することができないため、十分な特性が得られなかった。

【0015】

更に、第1マイクロレンズアレイ、第2マイクロレンズアレイ、基板の順に屈折率が大きくなっていく必要があり、UV樹脂の屈折率の巾に制限があるため、レンズ面での屈折率差が十分とれず、短い焦点距離のレンズが作製できなかった。

【0016】

加えて、型を用いた2P法や射出成形法では、前記垂直壁を形成するため、型加工が困難なばかりか、例えば垂直壁を作製できても離型時にレンズ部を破損してしまうと言う問題があり、これら課題点を解決できるような露光装置がなかった。

【0017】

本発明は、上記問題を解決するために提案されたものであり、位置合わせが容易で、高精度なマイクロレンズアレイの露光装置、及び高精度かつ光効率の高いマイクロレンズアレイの露光方法を提供することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】

本発明のマイクロレンズアレイの露光装置は、上記課題を解決するために、光源からの光束を2次点光源化する2次点光源化手段と、2次点光源化された光を入射し、この光の輝度を調節する輝度調節手段と、輝度調節された光を平行光束化し、予め形成された第1マイクロレンズアレイを介して、第2マイクロレンズアレイを形成する感光性樹脂層に導く平行光束化手段とを備えている。

【0019】

上記の発明によれば、光源から照射された光束は2次点光源化手段に入射し、ここで2次点光源化される。2次点光源化された光は、輝度調節手段に入射し、ここで入射光の輝度が調節される。これにより、各点光源は、それぞれ輝度が可変の点光源として作用することになるので、感光性樹脂層に照射される光を所望

の照度にそれぞれ調節できる。

【 0 0 2 0 】

輝度調節された光は、平行光束化手段に入射し、ここで、平行光束化される。このようにして平行光束化された光は、予め形成された第 1 マイクロレンズアレイに入射し、ここで、屈折・集光されて感光性樹脂層に導かれ、高精度に該感光性樹脂層が露光される。上記感光性樹脂層が露光されて第 2 マイクロレンズアレイが形成される。

【 0 0 2 1 】

上記平行光束化手段から上記第 2 マイクロレンズアレイへ導かれる光の入射角は、2 次点光源化手段による 2 次点光源の位置によって決まり、各平行光束の第 2 マイクロレンズアレイに対する照度（感光性樹脂層に対する照度）を上記輝度調節手段の調節によって可変とすることが可能となる。

【 0 0 2 2 】

これにより、従来のように軸受けを用いてスタンプ型を成形時に上下して第 1 及び第 2 マイクロレンズの面内方向の位置合わせを行うという煩雑なアラインメント工程なしに、高精度に第 2 マイクロレンズアレイを作製できる。その結果、マイクロレンズアレイの光効率が著しく向上すると共に、隣の画素に光束が入ることに伴う混色の発生が未然に回避され、画質を著しく向上させることが可能となる。

【 0 0 2 3 】

しかも、感光性樹脂層における照度を輝度調節手段の輝度調節により調節するので、上記アラインメント工程に伴う設計の制約がなくなり、最適な光効率を得るために必要な設計の自由度を著しく大きくすることが可能となり、加えてレンズ面での屈折率差が充分確保できるので短い焦点距離のレンズの作製が可能となる。更に、従来の型加工が不要となるゆえ、垂直壁の形成が要求されず、したがって離型時にレンズ部が破損するという従来の不具合を確実に克服できる。

【 0 0 2 4 】

上記 2 次点光源化手段は、上記入射光束を集光する複数の光学素子が 2 次元状に配されたもの（たとえば、六角形のハニカム構造や、矩形状のレンガ積み構造

等)であることが好ましい。上記2次点光源化手段は、フライアイレンズであることが好ましい。上記輝度調節手段は、所定波長の光に対する透過率分布を有する透過率分布マスクであることが好ましい。

【0025】

上記透過率分布マスクは、上記フライアイレンズの後側焦点位置近傍に配されることが好ましい。この場合、透過率分布マスク上に焦点を結ぶビームスポットがこの透過率分布マスクを通過するので、このビームスポットに対して高精度に光強度の変調が行われ、それぞれの輝度を有する各点光源化が確実に実現可能となる。

【0026】

上記透過率分布マスクは、階段状の透過率分布を有することが好ましい。この場合、階段状の透過率分布を有するマスクとすることで、2次点光源の輝度の調節を簡便にすることができる。すなわち、連続的な透過率分布を有するマスクにおいては、マスクの位置ずれに対して透過率分布の傾斜に応じた点光源の輝度ばらつきが発生するが、階段状の透過率分布を有するマスクとすることにより、透過率の繰り返し周期および点光源の間隔から求められる位置ずれが許容される。さらに、フライアイレンズの収差および入射光束の平行度等から2次点光源の大きさが大きくなってしまった場合においても、2次点光源の径全域にわたって透過率分布マスクの透過率が同一であるため、2次点光源を構成する各光線に対する透過率も同一となり、照度および露光の均一性を得ることができる。

【0027】

上記透過率分布マスクは、階調が3段階以上の透過率を有することが好ましい。また、上記透過率分布マスクは、その面内方向に所定のピッチで複数の同一透過率を示す領域が形成されるような透過率分布を有し、上記ピッチは上記2次点光源間の距離の整数倍に等しいことが好ましい。

【0028】

この場合、フライアイレンズの各レンズに入射した平行光はフライアイレンズの焦点位置に集光されるので、その位置に配されている透過率分布マスク上を点で通過する。これにより、フライアイレンズの中心と透過率分布マスクの同一透

過率を示す領域の中心とがずれても、フライアイレンズのピッチ以下のずれ量であれば、フライアイレンズの透過率は変化せず、感光性樹脂層の露光形状は影響を受けない。したがって、露光品質を著しく向上させることが可能となる。

【0029】

上記平行光束化手段はコリメータレンズであることが好ましい。上記フライアイレンズを構成する各レンズは、そのピッチを p とし、上記感光性樹脂層の解像度と上記第1マイクロレンズアレイの分解能を考慮した上記感光性樹脂層上での分解能を S とし、上記コリメータレンズの焦点距離を f_c とし、上記第1マイクロレンズアレイの焦点距離を f_m とすると、上記ピッチ p は、 $p < S \cdot f_c / f_m$ を満足することが好ましい。

【0030】

たとえば、 $S = 0.5 \mu\text{m}$ 及び $f_c / f_m = 0.001$ の場合、ピッチ $p = 500 \mu\text{m}$ となり、これ未満であれば、第2マイクロレンズアレイの形状に影響を与えない。したがって、透過率分布マスクとフライアイレンズの位置ずれは、 $\pm 250 \mu\text{m}$ 許容されることになり、位置決めが非常に容易になる。

【0031】

上記コリメータレンズからの平行光束は、絞り部材を介して上記第1マイクロレンズアレイに入射され、上記絞り部材を含めた上記コリメータレンズの有効開口数を NA_c とし、上記フライアイレンズの開口数を NA_f とすると、 $NA_c < NA_f$ を満足することが好ましい。

【0032】

上記絞り部材は、感光性樹脂層の光源側近傍に配置されていることが好ましい。この場合、例えば、マイクロレンズアレイは、丸型もしくは角型の基板上に複数チップ配置され、所謂ウエハ単位にて処理を行うようになっているが、大きな基板（ウエハ）においては、コリメータレンズの照射範囲が基板全体を一括処理（一括露光）できるものではないため、基板に入射する光束を遮光し、数チップ毎のステップアンドリピート露光を必要とする。この露光の際、基板に入射する種々の角度の光束について、基板上で重なるような光学配置にしていることから、上記遮光は基板上で行うことが最適であるが、絞り部材を感光性樹脂層の光源

側近傍に配置することにより可能となる。

【0033】

上記コリメータレンズの有効径、有効開口数、及び焦点距離をそれぞれ D_c 、 NA_c 、及び f_c とし、上記コリメータレンズからの平行光束の上記第1マイクロレンズアレイへの最大入射角を θ_i とすると、 $D_c = 2 \cdot f_c \cdot NA_c + 2 \cdot f_c \cdot \tan \theta_i$ を満足することが好ましい。

【0034】

上記感光性樹脂層は、上記コリメータレンズの後側焦点位置に配されることが好ましい。この場合、コリメータレンズからの平行光が感光性樹脂層上に焦点を結ぶので、効率よく、確実に感光性樹脂層を露光して第2マイクロレンズアレイを形成することが可能となる。

【0035】

上記絞り部材、及び上記感光性樹脂層の中心は上記コリメータレンズの光軸上に配され、上記絞り部材と上記第1マイクロレンズアレイの間に照度調整手段を更に設けたことが好ましい。この場合、コリメータレンズを出射した光は、すべて絞り部材を介して感光性樹脂層に照射される。このとき、絞り部材を出射した光に照度分布が生じたとしても、照度調整手段によって照度を均一にすることが可能となる。

【0036】

上記の照度調整手段は、上記光軸に対して対称な透過率分布を有し、入射される光の照度を均一化するフィルタであることが好ましい。この場合、透過率分布としては、中央部ほど透過率が小さく、周辺部ほど透過率が大きいことが更に好ましい。

【0037】

上記2次点光源化手段と上記輝度調節手段との間に倍率変換手段を更に備えたことが好ましい。この場合、倍率変換手段を設けることによって、フライアイレンズと透過率分布マスク間の倍率が調整されるので、透過率分布マスクがたとえ大きくなっても、フライアイレンズは小さい外形のもので高精度な露光光学系を実現することが可能となる。

【 0 0 3 8 】

上記倍率変換手段は正の屈折力を有する第 1 及び第 2 レンズ群からなり、上記第 1 レンズ群と上記第 2 レンズ群の主点間距離は、上記第 1 レンズ群の焦点距離と上記第 2 レンズ群の焦点距離の和に等しく、上記第 1 レンズ群の後側焦点位置に倍率変換手段用の絞り部材を設けることが好ましい。

【 0 0 3 9 】

上記透過率分布マスクは、階段状の透過率分布を有することが好ましい。この場合、階段状の透過率分布を有するマスクとすることで、3 次点光源の輝度の調節を簡便にすることができる。すなわち、連続的な透過率分布を有するマスクにおいては、マスクの位置ずれに対して透過率分布の傾斜に応じた点光源の輝度ばらつきが発生するが、階段状の透過率分布を有するマスクとすることにより、透過率の繰り返し周期および点光源の間隔から求められる位置ずれが許容される。さらに、フライアイレンズの収差および入射光束の平行度等から 3 次点光源の大きさが大きくなってしまった場合においても、3 次点光源の径全域にわたって透過率分布マスクの透過率が同一であるため、3 次点光源を構成する各光線に対する透過率も同一となり、照度および露光の均一性を得ることができる。

【 0 0 4 0 】

上記 2 次点光源化手段はフライアイレンズであり、上記輝度調節手段は、所定波長の光に対して、その面内方向に所定のピッチで、領域内で同一透過率を示す複数の領域が形成されるような透過率分布を有する透過率分布マスクであり、上記ピッチは、上記フライアイレンズのレンズピッチに上記倍率変換手段による倍率を乗じたものに等しいことが好ましい。

【 0 0 4 1 】

この場合、フライアイレンズの各レンズに入射した平行光はフライアイレンズの焦点位置に集光されるので、その位置に配されている透過率分布マスク上を点で通過する。これにより、フライアイレンズの中心と透過率分布マスクの同一透過率を示す領域の中心とがずれても、フライアイレンズのレンズピッチに上記倍率変換手段による倍率を乗じたもの以下のずれ量であれば、フライアイレンズの透過率は変化せず、感光性樹脂層の露光形状は影響を受けない。したがって、露

光品質を著しく向上させることが可能となる。

【0042】

上記フライアイレンズを構成する各レンズは、そのピッチを p とし、上記感光性樹脂層の解像度と上記第1マイクロレンズアレイの分解能を考慮した上記感光性樹脂層上での分解能を S とし、上記コリメータレンズの焦点距離を f_c とし、上記第1マイクロレンズアレイの焦点距離を f_m とし、上記倍率変換手段による倍率を m_b とすると、上記ピッチ p は、 $p < S \cdot f_c / (f_m \cdot m_b)$ を満足することが好ましい。この場合も、ピッチの許容範囲が大きくなり、位置決めが非常に容易になる。

【0043】

上記倍率変換手段に対して、上記フライアイレンズと上記透過率分布マスクとは共役な関係にあることが好ましい。

【0044】

上記コリメータレンズからの平行光束は、絞り部材を介して上記第1マイクロレンズアレイに入射され、上記絞り部材は、マイクロレンズアレイ1チップに対応する大きさの開口部を有し、複数のチップをステップアンドリピートにて露光することが好ましい。これによれば、露光の均一性が広い領域にわたって保持できない場合でも、1チップに対応する領域ごとに露光が行われるので、結果として、高精度且つ高速に全領域の露光が行える。

【0045】

上記絞り部材は、感光性樹脂層の光源側近傍に配置されていることが好ましい。この場合、例えば、マイクロレンズアレイは、丸型もしくは角型の基板上に複数チップ配置され、所謂ウエハ単位にて処理を行うようになっているが、大きな基板（ウエハ）においては、コリメータレンズの照射範囲が基板全体を一括処理（一括露光）できるものではないため、基板に入射する光束を遮光し、数チップ毎のステップアンドリピート露光を必要とする。この露光の際、基板に入射する種々の角度の光束について、基板上で重なるような光学配置にしていることから、上記遮光は基板上で行うことが最適であるが、絞り部材を感光性樹脂層の光源側近傍に配置することにより可能となる。

【 0 0 4 6 】

上記光源は、平行光束を出射することが好ましい。この場合、2次点光源化手段に入射する光束が平行光束でない場合に、2次点光源の光軸方向の位置がばらつき、ひいては基板に入射する光束の平行度が悪化することを回避することができる。

【 0 0 4 7 】

本発明のマイクロレンズアレイの露光方法は、上記課題を解決するために、照射強度が略均一な光束を2次点光源化する工程と、2次点光源化した光の輝度をマイクロレンズアレイの加工形状に合致するように調節する工程と、上記2次点光源化した光を複数の平行光束に変換する工程とを含み、上記複数の平行光束がマイクロレンズアレイを通過する光によって感光性樹脂層に露光を行うことを特徴としている。

【 0 0 4 8 】

上記方法によれば、2次点光源化された光は、その輝度が調節される。これにより、各点光源は、それぞれ輝度が可変の点光源として作用することになるので、感光性樹脂層に照射される光を所望の照度に調節できる。

【 0 0 4 9 】

輝度調節された光は平行光束化された後、屈折・集光されてマイクロレンズアレイを形成する感光性樹脂層に導かれ、高精度に上記感光性樹脂層が露光される。

【 0 0 5 0 】

上記平行光束化された光のマイクロレンズアレイへの入射角は、2次点光源の位置によって決まり、各平行光束のマイクロレンズアレイに対する照度（感光性樹脂層に対する照度）を輝度の調節によって可変することが可能となる。

【 0 0 5 1 】

これにより、従来のように軸受けを用いてスタンプ型を成形時に上下して第1及び第2マイクロレンズの面内方向の位置合わせを行うという煩雑なアラインメント工程なしに、高精度に第2マイクロレンズアレイを作製できる。その結果、光効率が著しく向上すると共に、隣の画素に光束が入ることに伴う混色の発生が回

避され、画質を著しく向上させることが可能となる。

【0052】

しかも、感光性樹脂層における照度を輝度調節手段の輝度調節により調節するので、上記アラインメント工程に伴う設計の制約がなくなり、最適な光効率を得るために必要な設計の自由度を著しく大きくすることが可能となり、加えてレンズ面での屈折率差が充分確保できるので短い焦点距離のレンズの作製が可能となる。更に、従来の型加工が不要となるゆえ、垂直壁の形成が要求されず、したがって離型時にレンズ部が破損するという従来の不具合を確実に克服できる。

【0053】

【発明の実施の形態】

〔実施の形態1〕

本発明の第1の実施の形態を図1(a)に基づき説明する。

【0054】

図1(a)は、本発明にかかるマイクロレンズアレイの露光装置の構成図である。

【0055】

図1(a)に示すように、マイクロレンズアレイの露光装置は、光源ユニット(光源)1、マイクロフライアイレンズ(2次点光源化手段)2、透過率分布マスク(輝度調節手段)3、コリメータレンズ(平行光束化手段)4、マイクロレンズ基板用絞り(絞り部材)5から構成されている。また、マイクロレンズアレイの露光装置により露光されるマイクロレンズ基板6は、マイクロレンズ基板用絞り5に近接して配置されている。

【0056】

光源ユニット1は、マイクロレンズアレイを露光するための光を出射するものであり、楕円鏡7、高圧水銀ランプ8、インテグレータ9、コンデンサーレンズ10、波長選択フィルタ11を備えている。

【0057】

楕円鏡7は、集光機能を有しており、高圧水銀ランプ8から照射された光を集光するようになっている。

【0058】

インテグレータ9は、高圧水銀ランプ8から照射された光及び楕円鏡7により集光された光の照度分布を均一化するものである。本実施の形態においては、フライアイレンズを使用しているが、フライアイレンズの代わりにロッドインテグレータを使用してもよい。

【0059】

コンデンサーレンズ10は、インテグレータ9を透過した光を平行光化するものである。

【0060】

波長選択フィルタ11は、コンデンサーレンズ10を透過した光のうち、特定の波長を持つ光のみを選択して透過するものである。本実施の形態においては、被露光物（感光性樹脂）であるネガレジストの感光波長特性にあわせて、i線（365nm）付近の波長を持つ光のみを透過するようになっている。なお、波長選択フィルタ11は、被露光物の波長特性にあわせて透過波長の異なるものを選択してもよい。

【0061】

マイクロフライアイレンズ2は、光源ユニット1から出射された光束の光強度を均一化するものである。マイクロフライアイレンズ2は、集光機能を有するレンズ（光学素子）を2次元状に配置したものであり、光源ユニット1から出た平行光は、マイクロフライアイレンズ2を透過することにより、2次光源化される。

【0062】

透過率分布マスク3は、マイクロフライアイレンズ2を透過した2次光源の位置に配置されている。透過率分布マスク3は、マイクロレンズアレイの各レンズに対応したi線に対する透過率分布を持つフォトマスクであり、その透過率によって、2次点光源の光強度を変調させ、所定の輝度を持たせるようになっている。透過率分布マスク3の透過率分布は、光源ユニット1の輝度、透過率分布マスク3上の照度分布及び被露光物であるネガレジストの感光特性により定められる。

【 0 0 6 3 】

コリメータレンズ 4 は、透過率分布マスク 3 を透過した 2 次光源を平行光化するものである。コリメータレンズ 4 により平行光とされた 2 次光源は、マイクロレンズ基板用絞り 5 を通り、マイクロレンズ基板 6 に入射される。

【 0 0 6 4 】

上記構成において、本発明にかかるマイクロレンズアレイの露光装置がマイクロレンズを露光する機構について説明する。

【 0 0 6 5 】

高圧水銀ランプ 8 より照射された光及び楕円鏡 7 によって集光された光は、インテグレータ 9 によって照度分布を均一化された後に、コンデンサーレンズ 1 0 により平行光化される。そして、波長選択フィルタ 1 1 が、コンデンサーレンズ 1 0 を透過した平行光のうち i 線付近の光のみを透過し、光源ユニット 1 は、平行光を出射する。

【 0 0 6 6 】

光源ユニット 1 から出射された平行光は、マイクロフライアイレンズ 2 により 2 次光源化され、マイクロフライアイレンズ 2 の後側焦点の位置に、マイクロフライアイレンズ 2 の個数と同数の点光源を形成する。このマイクロフライアイレンズ 2 により形成される 2 次点光源が、透過率分布マスク 3 上に配置される関係となっている。この透過率分布マスク 3 の透過率分布は、光源ユニット 1 の輝度、透過率分布マスク 3 上の照度分布及び被露光物であるネガレジストの感光特性により定められる。

【 0 0 6 7 】

透過率分布マスク 3 を 2 次光源の位置に配置することにより、2 次光源は透過率分布マスク 3 上を小さいビームスポット、すなわち 2 次点光源として通過する。その際、各々の 2 次点光源は、透過率分布マスク 3 の透過率によって光強度の変調を受け、所定の輝度を持つ 2 次点光源として作用する。

【 0 0 6 8 】

そして、各 2 次点光源は、コリメータレンズ 4 により平行光とされた後に、マイクロレンズ基板用絞り 5 を通り、マイクロレンズ基板 6 に入射する。

【0069】

コリメータレンズ4の光軸上にある2次点光源は、光軸に対して平行な平行光束として、またコリメータレンズ4の光軸外にある2次点光源は、光軸に対して一定の角度をもった平行光束としてマイクロレンズ基板6を照射する。一定の角度とは、以下の式を満たす α のことである。

【0070】

$$(\text{光軸外の2次点光源と光軸との距離}) = (\text{コリメータレンズ4の焦点距離}) \times \tan \alpha \cdots \cdots (1)$$

従って、各平行光束のコリメータレンズ4の光軸に対する角度、すなわちマイクロレンズ基板6への入射角度は、前記2次点光源の位置によって決まる。また、各平行光束のマイクロレンズ基板6に対する照度は、各2次点光源の輝度、すなわち透過率分布マスク3の透過率を調節することにより変えることができる。

【0071】

また、マイクロレンズ基板用絞り5が、例えば液晶パネルの1チップ分の大きさの長方形開口を有していて、1回の露光光照射によって1チップ分の露光ができるようにすれば、1ウエハに複数のチップが搭載されている構成において、ステップアンドリピートによって複数チップを露光することができるようになる。これにより、マイクロレンズ基板6の大きな面積にわたって、照射する露光光の均一性を確保することができない場合であっても、高精度なマイクロレンズアレイを高速で製造することができる。

【0072】

次に、本実施の形態におけるマイクロレンズアレイの露光装置によりマイクロレンズ基板6を露光する方法を用いて、2層構造を有するマイクロレンズアレイの製造方法について説明する。

【0073】

まず、本発明のマイクロレンズアレイの製造方法に使用するマイクロレンズ基板6の構成について説明する。図2に示すように、マイクロレンズ基板6は、第1基板12、中間樹脂層13、第1マイクロレンズアレイ14、第2基板15、ネガレジスト16から構成されている。

【0074】

第1基板12及び第2基板15は、石英または低膨張性のガラス・セラミック等から成っており、中間樹脂層13は、低屈折率の紫外線硬化樹脂から成っている。第1マイクロレンズアレイ14は、高屈折率の紫外線硬化樹脂から成っており、中間樹脂層13と第1マイクロレンズアレイ14との屈折率の差は、約0.18となっている。

【0075】

第1マイクロレンズアレイ14は、Photo-Polymer法（2P法）を用いて形成される。2P法にて使用するスタンプは、石英またはNiから成っており、形成する第1マイクロレンズアレイ14のレンズ形状に加工されている。また、スタンプをリフロー、ウェットエッチングまたはドライエッチング等の方法により製造し、第1マイクロレンズアレイ14を2P法ではなく、これらの方法により形成してもよい。

【0076】

また、第1マイクロレンズアレイ14は集光機能を有しており、この集光機能は可視光領域の平均波長（例えばe線）で最適化されている。マイクロレンズ基板6の露光時は、i線を用いて露光するが、中間樹脂層13と第1マイクロレンズアレイ14との色分散が大きく異なるため、第1マイクロレンズアレイ14はi線においても十分な集光能力がある。

【0077】

ネガレジスト16は、マイクロレンズ基板6の第2基板15上に塗布されている。ネガレジスト16は、後述するプロセスにより形成する第2マイクロレンズアレイの高さに応じた厚さとなっている。この厚さは、第2マイクロレンズアレイの形成時に行うドライエッチングの際の第2基板15とネガレジスト16とのエッチングレートの比、及び第2マイクロレンズアレイの高さの双方によって決められる。

【0078】

次に、上記マイクロレンズ基板6を用いて、第2マイクロレンズアレイを形成する方法について、図3及び図4に基づいて説明する。

【0079】

図3は、コリメータレンズ4及び第1マイクロレンズアレイ14とで形成される光学系の結像関係を示している。図3(a)は、点光源がコリメータレンズ4の光軸上にある場合の結像関係を示している。この場合、透過率分布マスク3上の軸上点光源17は、コリメータレンズ4により平行光とされた後に、マイクロレンズ基板6に入射角 0° で入射する。入射光は、第1マイクロレンズアレイ14によりネガレジスト16上に集光される。この集光点は、第1マイクロレンズ14の光軸と一致している。

【0080】

一方、図3(b)は、点光源がコリメータレンズ4の光軸外にある場合の結像関係を示している。この場合、軸外点光源18は、軸上点光源17と同様にコリメータレンズ4により平行光とされるが、マイクロレンズ基板6には入射角 θ で入射する。そして、入射光は、第1マイクロレンズアレイ14によりネガレジスト16上に集光される。 θ は、透過率分布マスク3上の点光源と光軸との距離 d_g 及びコリメータレンズ4の焦点距離 f_c により以下のように表される。

【0081】

$$\theta = \tan^{-1} (d_g / f_c) \dots\dots (2)$$

また、ネガレジスト16上の各集光点と第1マイクロレンズ14の光軸との距離 d_r は、 θ 及び第1マイクロレンズアレイ14の焦点距離 f_m により以下のように表される。

【0082】

$$d_r = f_m \times \tan \theta \dots\dots (3)$$

従って、透過率分布マスク3上の各点光源は、コリメータレンズ4及び第1マイクロレンズアレイ14により形成される光学系により、ネガレジスト16上に結像される。さらに、透過率分布マスク3上の各点光源は、透過率分布マスク3の透過率の違いによって輝度が変わるため、ネガレジスト16上には輝度に応じた露光膜厚を形成することができる。すなわち、図4に示すように、第2マイクロレンズアレイを形成するためのパターンとなる非球面レンズ形状のレンズパターン19を形成することができる。

【0083】

ここで、第2のマイクロレンズアレイの製造フローについて説明する。図5は、第2のマイクロレンズアレイの製造フローを示している。

【0084】

まず、図5(a)に示すように、上述した第1マイクロレンズアレイ14及び第2基板15等が予め形成されたマイクロレンズ基板6上に、ネガレジスト16をスピコートにより塗布する。そして、図5(b)に示すように、本発明にかかるマイクロレンズアレイの露光装置により露光を行った後に、図5(c)に示すように、現像して適宜ベーキング等の処理を行う。現像後のレンズパターン19は、透過率分布マスク3の透過率を反映した非球面レンズ形状となっており、これをマスクにしてRIE(Reactive Ion Etching)等の異方性の高い方法によりエッチングすることにより、図5(d)に示すように、第2基板15である石英上にレンズパターン19を転写させることができる。その後、図5(e)に示すように、レンズパターン19に高屈折率樹脂を埋めて第2マイクロレンズアレイ20を形成する。さらに、図5(f)に示すように、第2マイクロレンズアレイ20上に平坦化層21をスピコート等により形成させ、図5(g)に示すように、平坦化層21上にブラックマトリクス層22を形成させる。

【0085】

以上により、本発明にかかるマイクロレンズアレイの露光装置を用いて、2層構造となっているマイクロレンズアレイを製造することができる。

【0086】

なお、第1マイクロレンズアレイ14は、図6(a)に示すように、六角形のハニカム構造をしており、第2マイクロレンズアレイ20は、図6(b)に示すように、矩形状のレンガ積み構造をしている。第1及び第2マイクロレンズアレイ14・20の位置関係は図6(c)に示すとおりであり、第2マイクロレンズアレイ20及び絵素の位置関係は図6(d)に示すとおりである。

【0087】

また、図6(b)に示す第2マイクロレンズアレイ20の対角長 d_{max} 及び第1マイクロレンズアレイ14の焦点距離 f_m (図3(b)参照)によって、コ

リメータレンズ4から出射されマイクロレンズ基板6に入射する各平行光束の内の最大入射角度を以下のように表すことができる。

【0088】

$$\text{最大入射角度} = \tan^{-1} (d_{\max} / f_m) \cdots \cdots (4)$$

次に、本実施の形態におけるマイクロレンズアレイの露光装置においては、マイクロフライアイレンズ2及び透過率分布マスク3の位置決めが容易であることについて説明する。

【0089】

図7(a)に示すように、透過率分布マスク3は、第2マイクロレンズに対応するパターン23が形成されている。パターン23のA-A'矢視断面における透過率分布及びパターン23のB-B'矢視断面における透過率分布は、図7(b)及び(c)に示すようになっており、いずれの場合も階段状の透過率分布を有している。また、パターン23以外の部分については、透過率を0とするか、若しくはネガレジスト16の感光特性を考慮して、影響のない透過率に設定している。

【0090】

マイクロフライアイレンズ2のピッチと、透過率分布マスク3が有するそれぞれ同一の透過率（同一領域内で同一透過率）である領域C24、領域D25、領域E26及び領域F27との関係は以下ようになる。

【0091】

図8(a)に示すように、透過率分布マスク3の面内方向における透過率の変化ピッチは、2次点光源のピッチ、すなわちマイクロフライアイレンズ2のピッチと等しくなっている。すなわち、各マイクロフライアイレンズ2に入射した平行光は、マイクロフライアイレンズ2の焦点位置に集光されるため、その位置に配置されている透過率分布マスク3上を点で通過する。

【0092】

これにより、例えば図8(b)に示すように、マイクロフライアイレンズ2の各光軸と透過率分布マスク3が有する同一透過率の領域の中心とがずれている場合であっても、この「ずれ」がマイクロフライアイレンズ2のピッチ以下のずれ

量であれば、各マイクロフライアイレンズ 2 の透過率を変えてしまうことはないため、ネガレジスト 1 6 の露光形状を変えてしまうことはない。

【 0 0 9 3 】

また、別の例として、領域 E 2 6 と領域 F 2 7 が同一の透過率を持つ場合も考えられる。このような時は、透過率分布マスク 3 の面内方向における透過率の変化ピッチは、2 次点光源のピッチ、すなわちマイクロフライアイレンズ 2 のピッチの整数倍であれば良い。

【 0 0 9 4 】

本実施の形態のマイクロレンズアレイの露光装置において、マイクロフライアイレンズ 2 のピッチ p 、すなわち透過率分布マスク 3 の同一透過率領域のピッチは、コリメータレンズ 4 の焦点距離 f_c 及び第 1 マイクロレンズアレイ 1 4 の焦点距離 f_m によって決まる光学倍率 m と、第 2 マイクロレンズアレイ 2 0 を形成する像の解像度 S とによって以下の式のように決めることができる。

【 0 0 9 5 】

$$p = S / m = S \times f_c / f_m \dots \dots (5)$$

本実施の形態においては、 $S = 0.5 \mu m$ 、 $m = 0.001$ としているので、 $p = 500 \mu m$ となり、これ以下であれば第 2 マイクロレンズアレイ 2 0 の形状に影響を与えることはない。また、解像度 S はネガレジスト 1 6 の解像度及び第 1 マイクロレンズアレイ 1 4 の分解能により決まる。

【 0 0 9 6 】

従って、図 8 (a) 及び (b) に示すように、マイクロフライアイレンズ 2 と透過率分布マスク 3 との位置ずれは、 $\pm 250 \mu m$ の範囲で許容されることとなり、その結果、位置決めは容易となる。

【 0 0 9 7 】

また、平行光源の光線平行度にばらつきがあるために、マイクロフライアイレンズ 2 により結ばれるビームスポットの径が大きくなった場合においても、径全体にわたって透過率が同一となるため、マイクロレンズ基板 6 に対する照度を均一にすることができる。

【 0 0 9 8 】

さらに、平行光が透過率分布マスク 3 上を透過する面積は小さいため、透過率分布マスク 3 そのものによる透過率のばらつきの影響がないこと、及びマイクロレンズ基板 6 を照射する光の照度分布を小さく抑えることができることから、マイクロレンズ基板 6 内のばらつきが小さい露光を行うことができる。

【 0 0 9 9 】

次に、マイクロレンズ基板 6 を照射する露光光の照度分布及びマイクロフライアイレンズ 2 の関係について詳細に説明する。

【 0 1 0 0 】

図 9 に示すように、平行光はマイクロフライアイレンズ 2 の各レンズにより 2 次点光源化され、各 2 次点光源は透過率分布マスク 3 により輝度の変調を受けた後にコリメータレンズ 4 に対して様々な光軸からの高さを持つ物点として作用し、各々の物点が高さに応じた角度でコリメータレンズ 4 に入射する。コリメータレンズ 4 を透過した各 2 次点光源は、コリメータレンズ 4 に対する入射面角に対応した角度を有する平行光としてマイクロレンズ基板 6 に入射する。この時のマイクロレンズ基板 6 に入射する各入射角の平行光の照度分布は、マイクロフライアイレンズ 2 の各レンズに入射する平行光の照度分布によって決まる。従って、マイクロフライアイレンズ 2 のピッチ、すなわち各レンズの口径が小さいほど照度の均一化には有利となる。

【 0 1 0 1 】

また、各マイクロフライアイレンズ 2 に入射する光の照度が均一であれば、マイクロフライアイレンズ 2 の有効領域（透過率分布マスク 3 のパターン 2 3 に相当する領域）における照度の均一性はそれほど必要ではなく、各マイクロフライアイレンズ 2 の各レンズに入射する光照度の不均一さ（各レンズ間の不均一さ）は、透過率分布マスク 3 の透過率を調整することにより補正できる。従って、平行光源の光束全域にわたって照度が均一である必要はない。すなわち、マイクロフライアイレンズ 2 の有効領域全体に対する光源照度の均一性は必要なく、各レンズに対して均一であればよい。その結果、光源に対する自由度が大きくなる。

【 0 1 0 2 】

ここで、マイクロフライアイレンズ 2 は、各レンズをアレイ状に配置したレン

ズの集合体であり、このレンズ形成領域をマイクロフライアイレンズ2の有効領域としている。本実施の形態においては、光源ユニット1からの光は透過率分布マスク3のマスク領域（パターン23）全体を照射する必要がある、このマスク領域全体を照射することができるような領域のことである。

【0103】

なお、この時のコリメータレンズ4の有効NA（Numerical Aperture）は、マイクロフライアイレンズ2のNAに対して小さくなっている。これは、マイクロレンズ基板6照射領域よりも大きい光束を、コリメータレンズ4に入射させるためである。

【0104】

また、図10に示すように、コリメータレンズ4は、透過率分布マスク3の中心から出射された上記2次点光源を透過する際、透過した光が効軸に対して平行光となるように光軸方向の位置決めをされている。マイクロレンズ基板6は、コリメータレンズ4の光軸に対して直角となるように、かつコリメータレンズ4の光軸とマイクロレンズ基板6の中心とがあわさるようにして、コリメータレンズ4の後側焦点位置に配置されている。マイクロレンズ基板用絞り5も同様に、絞りの中心と光軸とが一致し、かつ光軸に対して直角となるように配置されている。

【0105】

これにより、マイクロフライアイレンズ2の各レンズの中心を通り、光軸に対して平行な光線は、全てマイクロレンズ基板用絞り5、すなわちマイクロレンズ基板6の中心に入射するようになる。

【0106】

また、マイクロフライアイレンズ2の各レンズから出射され、コリメータレンズ4によって平行光とされた光束内において照度分布が生じたとしても、マイクロレンズ基板用絞りの近傍に、例えば照度均一化フィルタ28を置くことによってマイクロレンズ基板6に対する照度を均一にすることができる。これは、マイクロフライアイレンズ2の各レンズからの光束が、マイクロレンズ基板6の露光照射部にて均等に重なるために照度分布が滑らかであること、かつマイクロレンズ基板用絞り5の中心軸に対して軸対称であることによるものである。

【0107】

なお、照度均一化フィルタ28は、例えば軸対称の透過率分布を有する透過率分布フィルタであり、中央部の透過率が小さく、周辺部の透過率が大きい構成となっている。

【0108】

また、コリメータレンズ4の口径は、マイクロレンズ基板6を照射する光束の直径及び第1マイクロレンズアレイ14に入射する光の最大入射角によって決められる。

【0109】

図11に示すように、マイクロレンズ基板6を照射する光束の直径 D_w は、一括で露光することができる領域を表しており、チップサイズまたはマイクロレンズ基板6サイズによって決まる。本実施の形態においては、 $D_w = 35\text{ mm}$ である。

【0110】

また、マイクロレンズ基板6に入射する光束の最大角度 θ_i は、第1マイクロレンズアレイ14の焦点距離 f_m （図3（b）参照）及び第2マイクロレンズアレイ20の対角長 d_{max} （図6（b）参照）における以下の式によって決められる。

【0111】

$$d_{max} = f_m \times \tan \theta_i \dots\dots (6)$$

なお、本実施の形態においては、 $d_{max} = 23.72\text{ }\mu\text{m}$ 、 $f_m = 70\text{ }\mu\text{m}$ としているので、 $\theta_i = 18.7^\circ$ となる。

【0112】

従って、コリメータレンズ4の有効径 D_c は、

$$D_c = 2 \times f_c \times \tan \theta_i + D_w \dots\dots (7)$$

言い換えれば、

$$D_c = 2 \times f_c \times NA_c + 2 \times f_c \times \tan \theta_i \dots\dots (8)$$

と表すことができ、 $D_c = 102.7\text{ mm}$ となる。

【0113】

以上のように、本発明のマイクロレンズアレイの露光装置は、光源からの光束を2次点光源化する2次点光源化手段と、2次点光源化された光を入射し、この光の輝度を調節する輝度調節手段と、輝度調節された光を平行光束化し、予め形成された第1マイクロレンズアレイを介して、第2マイクロレンズアレイを形成する感光性樹脂層に導く平行光束化手段とを備えている。

【0114】

上記の発明によれば、光源から照射された光束は2次点光源化手段に入射し、ここで2次点光源化される。2次点光源化された光は、輝度調節手段に入射し、ここで入射光の輝度が調節される。これにより、各点光源は、それぞれ輝度が可変の点光源として作用することになるので、感光性樹脂層に照射される光を所望の照度にそれぞれ調節できる。

【0115】

輝度調節された光は、平行光束化手段に入射し、ここで、平行光束化される。このようにして平行光束化された光は、予め形成された第1マイクロレンズアレイに入射し、ここで、屈折・集光されて感光性樹脂層に導かれ、高精度に該感光性樹脂層が露光される。上記感光性樹脂層が露光されて第2マイクロレンズアレイが形成される。

【0116】

上記平行光束化手段から上記第2マイクロレンズアレイへ導かれる光の入射角は、2次点光源化手段による2次点光源の位置によって決まり、各平行光束の第2マイクロレンズアレイに対する照度（感光性樹脂層に対する照度）を上記輝度調節手段の調節によって可変とすることが可能となる。

【0117】

これにより、従来のように軸受けを用いてスタンプ型を成形時に上下して第1及び第2マイクロレンズの面内方向の位置合わせ行うという煩雑なアラインメント工程なしに、高精度に第2マイクロレンズアレイを作製できる。その結果、マイクロレンズアレイの光効率が著しく向上すると共に、隣の画素に光束が入ることに伴う混色の発生が未然に回避され、画質を著しく向上させることが可能となる。

【0118】

しかも、感光性樹脂層における照度を輝度調節手段の輝度調節により調節するので、上記アラインメント工程に伴う設計の制約がなくなり、最適な光効率を得るために必要な設計の自由度を著しく大きくすることが可能となり、加えてレンズ面での屈折率差が充分確保できるので短い焦点距離のレンズの作製が可能となる。更に、従来の型加工が不要となるゆえ、垂直壁の形成が要求されず、したがって離型時にレンズ部が破損するという従来の不具合を確実に克服できる。

【0119】

また、本実施の形態においては、光源として平行光束を出射するものを例として挙げたが、これは、マイクロフライアイレンズ2等の2次点光源手段によれば、より大きな面積で2次光源化することが容易なためであり、比較的小さい面積においても2次点光源化が可能であれば、平行光束に限定されることはなく、収束光または発散光等であっても同様の効果を得ることができる。

【0120】

〔実施の形態2〕

本発明の第2の実施の形態を図1（b）に基づき説明する。また、説明の便宜上、上記実施の形態1にて示した部材と同じ機能を有する部材には同一の番号を付記し、その説明を省略する。本実施の形態においては、上記第1の実施の形態との相違点について主に説明するものとする。

【0121】

図1（b）に示すように、マイクロレンズアレイの露光装置は、光源ユニット1、マイクロフライアイレンズ2、倍率変換光学系（倍率変換手段）29、透過率分布マスク3、コリメータレンズ4、マイクロレンズ基板用絞り5から構成されている。また、マイクロレンズアレイの露光装置により露光されるマイクロレンズ基板6は、マイクロレンズ基板用絞り5に近接して配置されている。

【0122】

すなわち、本実施の形態に示すマイクロレンズアレイの露光装置は、実施の形態1にて示したマイクロレンズアレイの露光装置に、さらに倍率変換光学系29を備えた構成である。

【 0 1 2 3 】

倍率変換光学系 2 9 は、マイクロフライアイレンズ 2 と透過率分布マスク 3 との間に配置されている。倍率変換光学系 2 9 は、凸レンズ 3 0 a（第 1 レンズ群）凸レンズ 3 0 b（第 2 レンズ群）及び絞り（倍率変換手段用絞り部材） 3 1 を有しており、マイクロフライアイレンズ 2 を透過した 2 次光源を拡大し、3 次光源化するものである。

【 0 1 2 4 】

また、透過率分布マスク 3 は、倍率変換光学系 2 9 によって形成された 3 次光源の位置に配置されており、コリメータレンズ 4 は、透過率分布マスク 3 を透過した 3 次光源を平行光化している。コリメータレンズ 4 により平行光とされた 3 次光源は、マイクロレンズ基板用絞り 5 を通り、マイクロレンズ基板 6 に入射される。

【 0 1 2 5 】

上記構成において、本発明にかかるマイクロレンズアレイの露光装置がマイクロレンズ基板 6 を露光する機構について説明する。

【 0 1 2 6 】

実施の形態 1 と同様に、高圧水銀ランプ 8 より照射された光及び楕円鏡 7 によって集光された光は、インテグレータ 9 によって照度分布を均一化された後に、コンデンサーレンズ 1 0 により平行光化され、波長選択フィルタ 1 1 が i 線のみを透過し、光源ユニット 1 は平行光を出射する。

【 0 1 2 7 】

光源ユニット 1 から出射された平行光は、マイクロフライアイレンズ 2 により 2 次光源化され、マイクロフライアイレンズ 2 の焦点の位置に、マイクロフライアイレンズ 2 の個数と同数の点光源を形成する。この点光源は、倍率変換光学系 2 9 により拡大され、3 次光源となる。なお、倍率変換光学系 2 9 により拡大される横倍率は、凸レンズ 3 0 a 及び 3 1 b の各々の焦点距離 f によって決まる。本実施の形態においては、凸レンズ 3 0 a は $f = 10 \text{ mm}$ 、凸レンズ 3 0 b は、 $f = 50 \text{ mm}$ としており、凸レンズ 3 0 a から焦点距離である 10 mm の位置に絞り 3 1 を配置している。これにより、点光源は横倍率で 5 倍に拡大するように

なっており、また、倍率変換光学系 29 に入射する光線のうち光軸に対して平行な光線は、出射する際においても光軸に対して平行な光線となる。すなわち、倍率変換光学系 29 は、所謂テレセントリックな光学系を構成している。

【0128】

倍率変換光学系 29 によって形成される 3 次光源の位置には、透過率分布マスク 3 が配置されている。この透過率分布マスク 3 の透過率分布は、光源ユニット 1 の輝度、透過率分布マスク 3 上の照度分布及び被露光物であるネガレジスト 16 の感光特性により定められる。

【0129】

透過率分布マスク 3 は、3 次光源の位置に配置されるため、3 次光源は透過率分布マスク 3 上を小さいビームスポット、すなわち 3 次点光源として通過する。その際、各々の 3 次点光源は、透過率分布マスク 3 の透過率によって光強度の変調を受け、所定の輝度を持つ 3 次点光源として作用する。各 3 次点光源は、コリメータレンズ 4 により平行光とされた後に、マイクロレンズ基板用絞り 5 を通り、マイクロレンズ基板 6 に入射する。

【0130】

また、本実施の形態におけるマイクロレンズアレイの露光装置においても、コリメータレンズ 4 の光軸上にある 3 次点光源は、光軸に対して平行な平行光束として、またコリメータレンズ 4 の光軸外にある 3 次点光源は、光軸に対して一定の角度をもった平行光束としてマイクロレンズ基板 6 を照射する。一定の角度とは、以下の式を満たす β のことである。

【0131】

$$(\text{光軸外の 3 次点光源と光軸との距離}) = (\text{コリメータレンズ 4 の焦点距離}) \times \tan \beta \cdots \cdots (9)$$

従って、各平行光束のコリメータレンズ 4 の光軸に対する角度、すなわちマイクロレンズ基板 6 への入射角度は、前記 3 次点光源の位置によって決まる。また、各平行光束のマイクロレンズ基板 6 に対する照度は、各 2 次点光源の輝度、すなわち透過率分布マスク 3 の透過率を調節することにより変えることができる。

【0132】

なお、実施の形態1と同様に、マイクロレンズ基板用絞り5が、例えば液晶パネルの1チップ分の大きさの長方形開口を有していて、1回の露光光照射によって1チップ分の露光ができるようにすれば、1ウエハに複数のチップが搭載されている構成において、ステップアンドリピートによって複数チップを露光することができるようになる。これにより、マイクロレンズ基板6の大きな面積にわたって、照射する露光光の均一性を確保することができない場合であっても、高精度なマイクロレンズアレイを高速で製造することができる。

【0133】

また、本実施の形態におけるマイクロレンズアレイの露光装置においても、上記実施の形態1にて示したマイクロレンズ基板6を露光する方法を用いて、2層構造を有するマイクロレンズアレイを製造することができる。

【0134】

すなわち、本実施の形態におけるマイクロレンズアレイの露光装置では、倍率変換光学系29が、マイクロフライアイレンズ2及び透過率分布マスク3の間での倍率の変換をするものであり、その分を考慮すればよい。

【0135】

また、本実施の形態のマイクロレンズアレイの露光装置において、マイクロフライアイレンズ2のピッチ p は、コリメータレンズ4の焦点距離 f_c （図3（b）参照）及び第1マイクロレンズアレイ14の焦点距離 f_m （図3（b）参照）によって決まる光学倍率 m と、第2マイクロレンズアレイ20を形成する像の解像度 S との他に、倍率変換光学系29により変換される倍率を m_b として以下の式、

$$p = S \times f_c / (f_m \times m_b) \dots\dots (10)$$

となる p より小さい値に設定すればよい。

【0136】

また、透過率分布マスク3は、上述のように透過率が階段状の分布を有するものであり、その同一透過率領域の繰返し周期は、フライアイレンズの各レンズ間ピッチに倍率変換光学系の倍率を乗じたものであることが好ましい。

【0137】

なお、コリメータレンズ4は、光軸上及び光軸外の特性を考慮すると焦点距離の長いものの方が製造しやすいため、これに伴い透過率分布マスク3は比較的大きなものになってしまう。従って、マイクロフライアイレンズ2についても大きいものが必要となってくるが、マイクロフライアイレンズ2は、微小かつ精密なレンズを2次元（面上）に配置したものであるため、大面積のマイクロフライアイレンズ2は精度を高めることが困難であるばかりでなく、コストも高くなってしまう。

【0138】

本実施の形態に示すような倍率変換光学系29を有するマイクロレンズアレイの露光装置において、倍率変換光学系29は、マイクロフライアイレンズ2及び透過率分布マスク3の間の倍率を調整するために配置しているが、倍率変換光学系29を配置することにより、透過率分布マスク3が例え大きくなったとしても、小さい外形のマイクロフライアイレンズ2で高精度なマイクロレンズアレイの露光装置を構築することが可能となる。

【0139】

なお、本実施の形態においては、 $m=0.001$ としているため、 50×50 mmの透過率分布マスク3が必要となり、マイクロフライアイレンズ2においても同様に 50×50 mmのものが必要となる。しかしながら、本実施の形態におけるマイクロレンズアレイの露光装置は、倍率変換光学系29を備えており、この倍率変換光学系29は5倍の倍率に変換する能力を有しているため、マイクロフライレンズ2は、 10×10 mmの大きさで足りる。

【0140】

また、マイクロフライアイレンズ2と透過率分布マスク3とが1対1の横倍率関係でよいときは、倍率変換光学系29を配置する必要はなく、実施の形態1に示したマイクロレンズアレイの露光装置でよい。

【0141】

また、上述のように、本実施の形態のマイクロレンズアレイの露光装置において、マイクロフライアイレンズ2を透過した光は、倍率変換光学系29により拡大された後に、透過率分布マスク3により輝度調節されるため、マイクロフライ

アイレンズ 2 及び透過率分布マスク 3 は、倍率変換光学系 2 9 に対して共役な関係であることが好ましい。

【 0 1 4 2 】

以上のように、本発明のマイクロレンズアレイの露光装置を使用することにより、煩雑なアライメントプロセスなしに高精度かつ容易に 2 層マイクロレンズアレイの製造が可能となる。すなわち、本発明のマイクロレンズアレイの露光装置及び露光方法を使用することにより、2 層マイクロレンズアレイが高精度かつ容易に露光可能となる。また、本発明のマイクロレンズアレイの露光装置は、光学系の位置決めが容易であるため、高精度なマイクロレンズアレイの露光装置を構成することが可能となる。

【 0 1 4 3 】

これにより、例えば同一サイズの液晶基板であれば、約 2 倍の光効率を達成することができるとともに、第 1 マイクロレンズアレイ 1 4 及び第 2 マイクロレンズアレイ 2 0 間の位置合わせが、1 μ m 以下の高い精度で行うことが可能となったため、画面ムラがなく、色再現が良好な液晶投射装置を製造することができる。

【 0 1 4 4 】

また、本発明のマイクロレンズアレイの露光装置は、基板上にレンズを複数個有するマイクロレンズアレイが 2 層構成であり、第 1 マイクロレンズは集光機能を有し、該第 1 のマイクロレンズを透過する光に強度分布を与えることにより第 2 のマイクロレンズを作製するための感光性樹脂に形状を付与するマイクロレンズアレイの露光装置であって、照射強度が略均一な光束を出射する照射手段と、該均一な光束を 2 次点光源化する 2 次点光源化手段と、該 2 次点光源化した光を所望のマイクロレンズアレイの加工形状に合致するように該光の輝度を調節する輝度調節手段と、該 2 次点光源化した複数の平行光束に変換する平行光束化手段とを備え、該輝度調節手段は該照射手段からの光の進行方向に対して 2 次点光源化手段の後方に配置される構成としてもよい。

【 0 1 4 5 】

また、本発明のマイクロレンズアレイの露光方法は、基板上に塗布した感光性

樹脂を露光して所望のマイクロレンズアレイ形状を得るための露光方法であって、照射強度が略均一な光束を2次点光源化する工程と、該2次点光源化した光を所望のマイクロレンズアレイの加工形状に合致するように該光の輝度を調整する工程と、該2次点光源化した光を複数の平行光束に変換する工程とを含み、該複数の平行光束がマイクロレンズアレイを通過する光によって感光性樹脂に露光を行って所望のマイクロレンズアレイ形状に露光を行う構成としてもよい。

【0146】

尚、上記実施の形態1および2においては、感光性樹脂をネガレジストとして例示したが、本発明はそれに限定されるものではなく、ポジレジスト、紫外線硬化樹脂等の感光性樹脂であっても良い。

【0147】

【発明の効果】

本発明のマイクロレンズアレイの露光装置は、以上のように、光源からの光束を2次点光源化する2次点光源化手段と、2次点光源化された光を入射し、この光の輝度を調節する輝度調節手段と、輝度調節された光を平行光束化し、予め形成された第1マイクロレンズアレイを介して、第2マイクロレンズアレイを形成する感光性樹脂層に導く平行光束化手段とを備えている。

【0148】

上記の発明によれば、平行光束化手段から上記第2マイクロレンズアレイへ導かれる光の入射角は、2次点光源化手段による2次点光源の位置によって決まり、各平行光束の第2マイクロレンズアレイに対する照度（感光性樹脂層に対する照度）を上記輝度調節手段の調節によって可変とすることが可能となる。

【0149】

これにより、従来のように軸受けを用いてスタンプ型を成形時に上下して第1及び第2マイクロレンズの面内方向の位置合わせ行うという煩雑なアラインメント工程なしに、高精度に第2マイクロレンズアレイを作製できる。その結果、マイクロレンズアレイの光効率が著しく向上すると共に、隣画素に光束が入ることに伴う混色の発生が未然に回避され、画質を著しく向上させることが可能となる。

【0150】

しかも、感光性樹脂層における照度を輝度調節手段の輝度調節により調節するので、上記アラインメント工程に伴う設計の制約がなくなり、最適な光効率を得るために必要な設計の自由度を著しく大きくすることが可能となり、加えてレンズ面での屈折率差が充分確保できるので短い焦点距離のレンズの作製が可能となる。更に、従来の型加工が不要となるゆえ、垂直壁の形成が要求されず、したがって離型時にレンズ部が破損するという従来の不具合を確実に克服できるという効果を併せて奏する。

【0151】

上記2次点光源化手段は、上記入射光束を集光する複数の光学素子が2次元状に配されたもの（たとえば、六角形のハニカム構造や、矩形状のレンガ積み構造等）であることが好ましい。上記2次点光源化手段は、フライアイレンズであることが好ましい。上記輝度調節手段は、所定波長の光に対する透過率分布を有する透過率分布マスクであることが好ましい。

【0152】

上記透過率分布マスクは、上記フライアイレンズの後側焦点位置近傍に配されることが好ましい。この場合、透過率分布マスク上に焦点を結ぶビームスポットがこの透過率分布マスクを通過するので、このビームスポットに対して高精度に光強度の変調が行われ、それぞれの輝度を有する各点光源化が確実に実現可能となるという効果を併せて奏する。

【0153】

上記透過率分布マスクは、階段状の透過率分布を有することが好ましい。この場合、階段状の透過率分布を有するマスクとすることで、2次点光源の輝度の調節を簡便にすることができる。すなわち、連続的な透過率分布を有するマスクにおいては、マスクの位置ずれに対して透過率分布の傾斜に応じた点光源の輝度ばらつきが発生するが、階段状の透過率分布を有するマスクとすることにより、透過率の繰り返し周期および点光源の間隔から求められる位置ずれが許容される。さらに、フライアイレンズの収差および入射光束の平行度等から2次点光源の大きさが大きくなってしまった場合においても、2次点光源の径全域にわたって透

過率分布マスクの透過率が同一であるため、2次点光源を構成する各光線に対する透過率も同一となり、照度および露光の均一性を得ることができるという効果を併せて奏する。

【 0 1 5 4 】

上記透過率分布マスクは、階調が3段階以上の透過率を有することが好ましい。また、上記透過率分布マスクは、その面内方向に所定のピッチで複数の同一透過率を示す領域が形成されるような透過率分布を有し、上記ピッチは上記2次点光源間の距離の整数倍に等しいことが好ましい。

【 0 1 5 5 】

この場合、フライアイレンズの各レンズに入射した平行光はフライアイレンズの焦点位置に集光されるので、その位置に配されている透過率分布マスク上を点で通過する。これにより、フライアイレンズの中心と透過率分布マスクの同一透過率を示す領域の中心とがずれても、フライアイレンズのピッチ以下のずれ量であれば、フライアイレンズの透過率は変化せず、感光性樹脂層の露光形状は影響を受けない。したがって、露光品質を著しく向上させることが可能となるという効果を併せて奏する。

【 0 1 5 6 】

上記平行光束化手段はコリメータレンズであることが好ましい。上記フライアイレンズを構成する各レンズは、そのピッチを p とし、上記感光性樹脂層の解像度と上記第1マイクロレンズアレイの分解能を考慮した上記感光性樹脂層上での分解能を S とし、上記コリメータレンズの焦点距離を f_c とし、上記第1マイクロレンズアレイの焦点距離を f_m とすると、上記ピッチ p は、 $p < S \cdot f_c / f_m$ を満足することが好ましい。

【 0 1 5 7 】

たとえば、 $S = 0.5 \mu m$ 及び $f_c / f_m = 0.001$ の場合、ピッチ $p = 500 \mu m$ となり、これ未満であれば、第2マイクロレンズアレイの形状に影響を与えない。したがって、透過率分布マスクとフライアイレンズの位置ずれは、 $\pm 250 \mu m$ 許容されることになり、位置決めが非常に容易になるという効果を併せて奏する。

【0158】

上記コリメータレンズからの平行光束は、絞り部材を介して上記第1マイクロレンズアレイに入射され、上記絞り部材を含めた上記コリメータレンズの有効開口数を NA_c とし、上記フライアイレンズの開口数を NA_f とすると、 $NA_c < NA_f$ を満足することが好ましい。

【0159】

上記絞り部材は、感光性樹脂層の光源側近傍に配置されていることが好ましい。この場合、基板に入射する種々の角度の光束について、基板上で重なるような光学配置にしていることから、上記遮光は基板上で行うことが最適であるが、絞り部材を感光性樹脂層の光源側近傍に配置することにより可能となるという効果を併せて奏する。

【0160】

上記コリメータレンズの有効径、有効開口数、及び焦点距離をそれぞれ D_c 、 NA_c 、及び f_c とし、上記コリメータレンズからの平行光束の上記第1マイクロレンズアレイへの最大入射角を θ_i とすると、 $D_c = 2 \cdot f_c \cdot NA_c + 2 \cdot f_c \cdot \tan \theta_i$ を満足することが好ましい。

【0161】

上記感光性樹脂層は、上記コリメータレンズの後側焦点位置に配されることが好ましい。この場合、コリメータレンズからの平行光が感光性樹脂層上に焦点を結ぶので、効率よく、確実に感光性樹脂層を露光して第2マイクロレンズアレイを形成することが可能となるという効果を併せて奏する。

【0162】

上記絞り部材、及び上記感光性樹脂層の中心は上記コリメータレンズの光軸上に配され、上記絞り部材と上記第1マイクロレンズアレイの間に照度調整手段を更に設けたことが好ましい。この場合、コリメータレンズを出射した光は、すべて絞り部材を介して感光性樹脂層に照射される。このとき、絞り部材を出射した光に照度分布が生じたとしても、照度調整手段によって照度を均一にすることが可能となるという効果を併せて奏する。

【0163】

上記の照度調整手段は、上記光軸に対して対称な透過率分布を有し、入射される光の照度を均一化するフィルタであることが好ましい。この場合、透過率分布としては、中央部ほど透過率が小さく、周辺部ほど透過率が大きいことが更に好ましい。

【 0 1 6 4 】

上記 2 次点光源化手段と上記輝度調節手段との間に倍率変換手段を更に備えたことが好ましい。この場合、倍率変換手段を設けることによって、フライアイレンズと透過率分布マスク間の倍率が調整されるので、透過率分布マスクがたとえ大きくなっても、フライアイレンズは小さい外形のもので高精度な露光光学系を実現することが可能となるという効果を併せて奏する。

【 0 1 6 5 】

上記倍率変換手段は正の屈折力を有する第 1 及び第 2 レンズ群からなり、上記第 1 レンズ群と上記第 2 レンズ群の主点間距離は、上記第 1 レンズ群の焦点距離と上記第 2 レンズ群の焦点距離の和に等しく、上記第 1 レンズ群の後側焦点位置に倍率変換手段用の絞り部材を設けることが好ましい。

【 0 1 6 6 】

上記透過率分布マスクは、階段状の透過率分布を有することが好ましい。この場合、階段状の透過率分布を有するマスクとすることで、3 次点光源の輝度の調節を簡便にすることができる。すなわち、連続的な透過率分布を有するマスクにおいては、マスクの位置ずれに対して透過率分布の傾斜に応じた点光源の輝度ばらつきが発生するが、階段状の透過率分布を有するマスクとすることにより、透過率の繰り返し周期および点光源の間隔から求められる位置ずれが許容される。さらに、フライアイレンズの収差および入射光束の平行度等から 3 次点光源の大きさが大きくなってしまった場合においても、3 次点光源の径全域にわたって透過率分布マスクの透過率が同一であるため、3 次点光源を構成する各光線に対する透過率も同一となり、照度および露光の均一性を得ることができるという効果を併せて奏する。

【 0 1 6 7 】

上記 2 次点光源化手段はフライアイレンズであり、上記輝度調節手段は、所定

波長の光に対して、その面内方向に所定のピッチで、領域内で同一透過率を示す複数の領域が形成されるような透過率分布を有する透過率分布マスクであり、上記ピッチは、上記フライアイレンズのレンズピッチに上記倍率変換手段による倍率を乗じたものに等しいことが好ましい。

【 0 1 6 8 】

この場合、フライアイレンズの各レンズに入射した平行光はフライアイレンズの焦点位置に集光されるので、その位置に配されている透過率分布マスク上を点で通過する。これにより、フライアイレンズの中心と透過率分布マスクの同一透過率を示す領域の中心とがずれても、フライアイレンズのレンズピッチに上記倍率変換手段による倍率を乗じたもの以下のずれ量であれば、フライアイレンズの透過率は変化せず、感光性樹脂層の露光形状は影響を受けない。したがって、露光品質を著しく向上させることが可能となるという効果を併せて奏する。

【 0 1 6 9 】

上記フライアイレンズを構成する各レンズは、そのピッチを p とし、上記感光性樹脂層の解像度と上記第 1 マイクロレンズアレイの分解能を考慮した上記感光性樹脂層上での分解能を S とし、上記コリメータレンズの焦点距離を f_c とし、上記第 1 マイクロレンズアレイの焦点距離を f_m とし、上記倍率変換手段による倍率を m_b とすると、上記ピッチ p は、 $p < S \cdot f_c / (f_m \cdot m_b)$ を満足することが好ましい。この場合も、ピッチの許容範囲が大きくなり、位置決めが非常に容易になるという効果を併せて奏する。

【 0 1 7 0 】

上記倍率変換手段に対して、上記フライアイレンズと上記透過率分布マスクとは共役な関係にあることが好ましい。

【 0 1 7 1 】

上記コリメータレンズからの平行光束は、絞り部材を介して上記第 1 マイクロレンズアレイに入射され、上記絞り部材は、マイクロレンズアレイ 1 チップに対応する大きさの開口部を有し、複数のチップをステップアンドリピートにて露光することが好ましい。これによれば、露光光の均一性が広い領域にわたって保持できない場合でも、1 チップに対応する領域ごとに露光が行われるので、結果と

して、高精度且つ高速に全領域の露光が行えるという効果を併せて奏する。

【0172】

上記絞り部材は、感光性樹脂層の光源側近傍に配置されていることが好ましい。この場合、基板に入射する種々の角度の光束について、基板上で重なるような光学配置にしていることから、上記遮光は基板上で行うことが最適であるが、絞り部材を感光性樹脂層の光源側近傍に配置することにより可能となるという効果を併せて奏する。

【0173】

上記光源は、平行光束を出射することが好ましい。この場合、2次点光源化手段に入射する光束が平行光束でない場合に、2次点光源の光軸方向の位置がばらつき、ひいては基板に入射する光束の平行度が悪化することを回避することができるという効果を併せて奏する。

【0174】

本発明のマイクロレンズアレイの露光方法は、以上のように、照射強度が略均一な光束を2次点光源化する工程と、2次点光源化した光の輝度をマイクロレンズアレイの加工形状に合致するように調節する工程と、上記2次点光源化した光を複数の平行光束に変換する工程とを含み、上記複数の平行光束がマイクロレンズアレイを通過する光によって感光性樹脂層に露光を行う構成である。

【0175】

上記方法によれば、平行光束化された光のマイクロレンズアレイへの入射角は、2次点光源の位置によって決まり、各平行光束のマイクロレンズアレイに対する照度（感光性樹脂層に対する照度）を輝度の調節によって可変することが可能となる。

【0176】

これにより、従来のように軸受けを用いてスタンプ型を成形時に上下して第1及び第2マイクロレンズの面内方向の位置合わせを行うという煩雑なアラインメント工程なしに、高精度に第2マイクロレンズアレイを作製できる。その結果、光効率が著しく向上すると共に、隣の画素に光束が入ることに伴う混色の発生が回避され、画質を著しく向上させることが可能となる。

【0177】

しかも、感光性樹脂層における照度を輝度調節手段の輝度調節により調節するので、上記アラインメント工程に伴う設計の制約がなくなり、最適な光効率を得るために必要な設計の自由度を著しく大きくすることが可能となり、加えてレンズ面での屈折率差が充分確保できるので短い焦点距離のレンズの作製が可能となる。更に、従来の型加工が不要となるゆえ、垂直壁の形成が要求されず、したがって離型時にレンズ部が破損するという従来の不具合を確実に克服できるという効果を併せて奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

図1 (a) は、本発明の実施の一形態におけるマイクロレンズアレイの露光装置の構成を示す図、図1 (b) は、本発明の実施の他の形態におけるマイクロレンズアレイの露光装置の構成を示す側面図である。

【図2】

本発明の実施の形態におけるマイクロレンズ基板の構成を示す断面図である。

【図3】

図3 (a) 及び (b) は、本発明の実施の形態におけるコリメータレンズ及び第1マイクロレンズアレイとで形成される光学系の結像関係を示す断面図である。

【図4】

本発明の実施の形態におけるマイクロレンズ基板の構成を示す断面図である。

【図5】

図5 (a) ないし (g) は、本発明の実施の形態におけるマイクロレンズアレイの製造フロー図である。

【図6】

図6 (a) は、第1マイクロレンズアレイの構成を示す平面図、図6 (b) は、第2マイクロレンズアレイの構成を示す平面図、図6 (c) は、第1マイクロレンズアレイと第2マイクロレンズアレイとの位置関係を示す平面図、図6 (d) は、第2マイクロレンズアレイと絵素との位置関係を示す平面図である。

【図 7】

図 7 (a) は、透過率分布マスクに形成された第 2 マイクロレンズに対応するパターンを示す平面図、図 7 (b) 及び (c) は、パターンの断面における透過率分布を示す図である。

【図 8】

図 8 (a) 及び (b) は、透過率分布マスク及びマイクロフライアイレンズの構成を示す側面図である。

【図 9】

本発明の実施の形態における、マイクロレンズ基板の露光を示す側面図である。

【図 10】

本発明の実施の形態における、マイクロレンズ基板の露光を示す側面図である。

【図 11】

本発明の実施の形態における、マイクロレンズ基板の露光を示す側面図である。

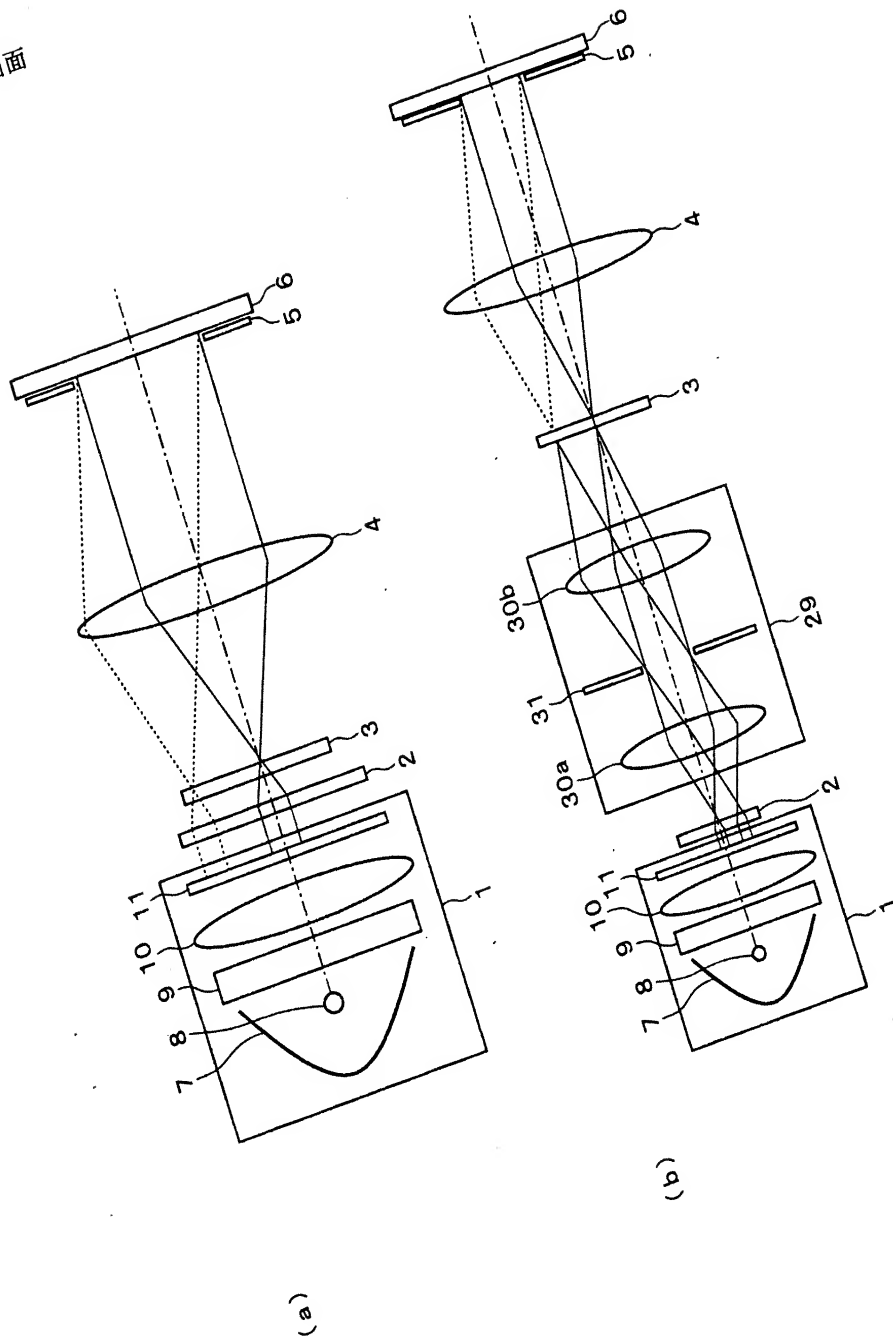
【符号の説明】

- 1 光源ユニット (光源)
- 2 マイクロフライアイレンズ (2 次点光源化手段)
- 3 透過率分布マスク (輝度調節手段)
- 4 コリメータレンズ (平行光束化手段)
- 5 マイクロレンズ基板用絞り (絞り部材)
- 6 マイクロレンズ基板
- 14 第 1 マイクロレンズアレイ
- 16 ネガレジスト (感光性樹脂)
- 20 第 2 マイクロレンズアレイ
- 28 照度均一化フィルタ (照度調節手段)
- 29 倍率変換光学系 (倍率変換手段)
- 30 a 凸レンズ (第 1 レンズ群)

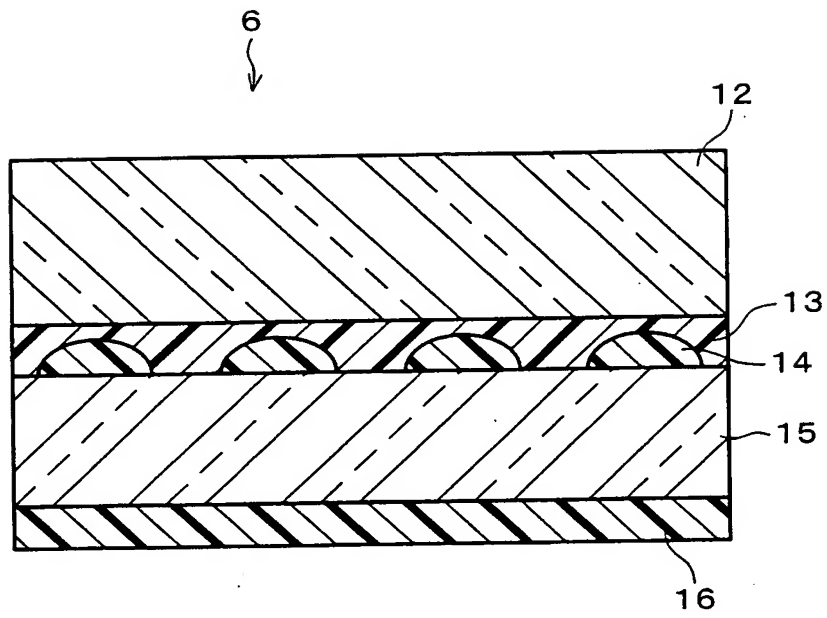
3 0 b 凸レンズ（第 2 レンズ群）

3 1 絞り（倍率変換手段用絞り部材）

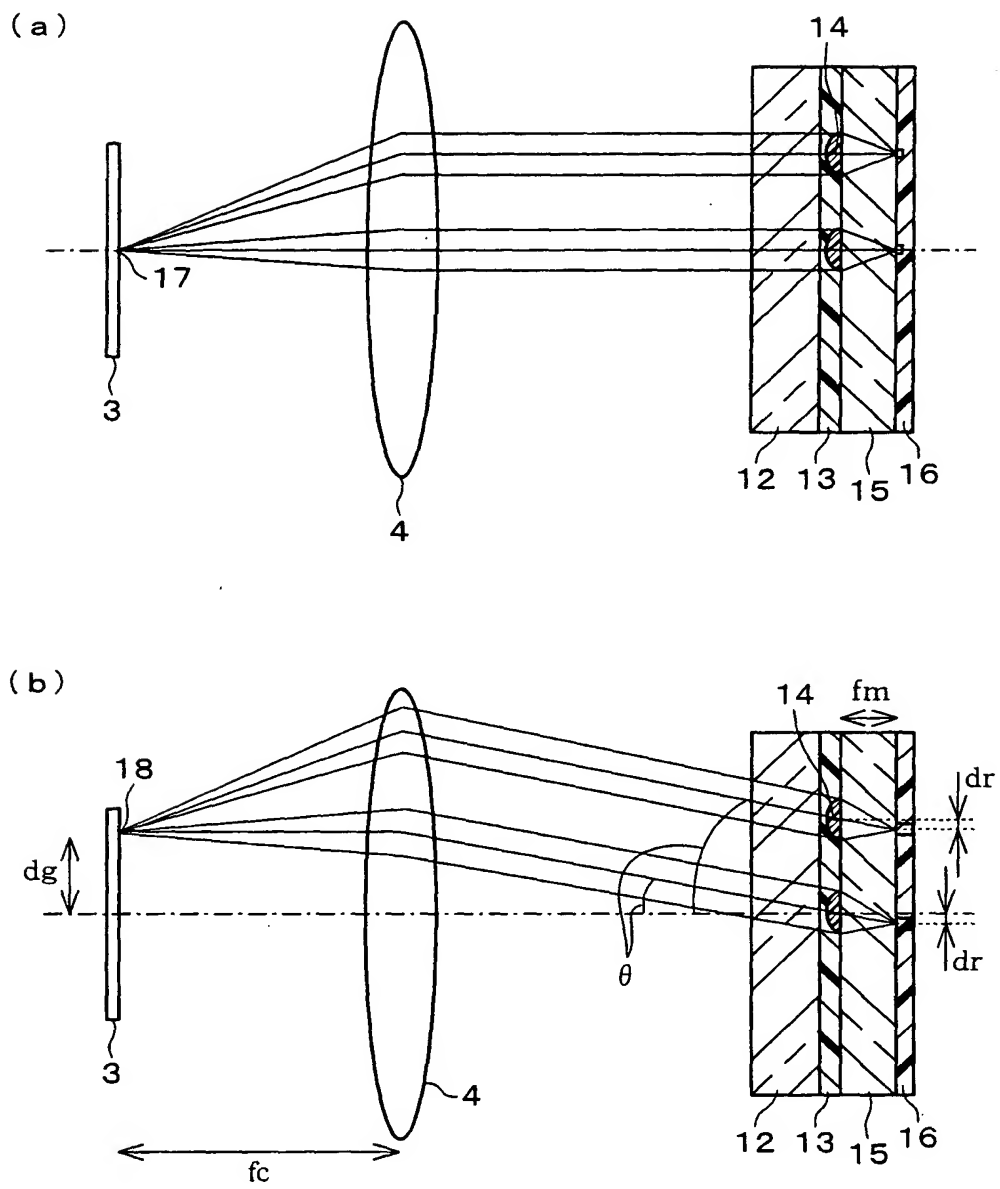
【書類名】 図面
【図1】



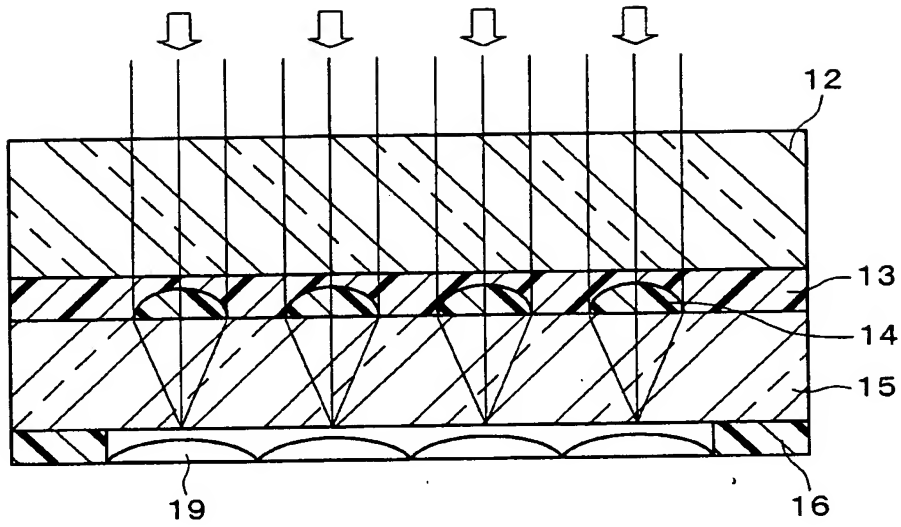
【図 2】



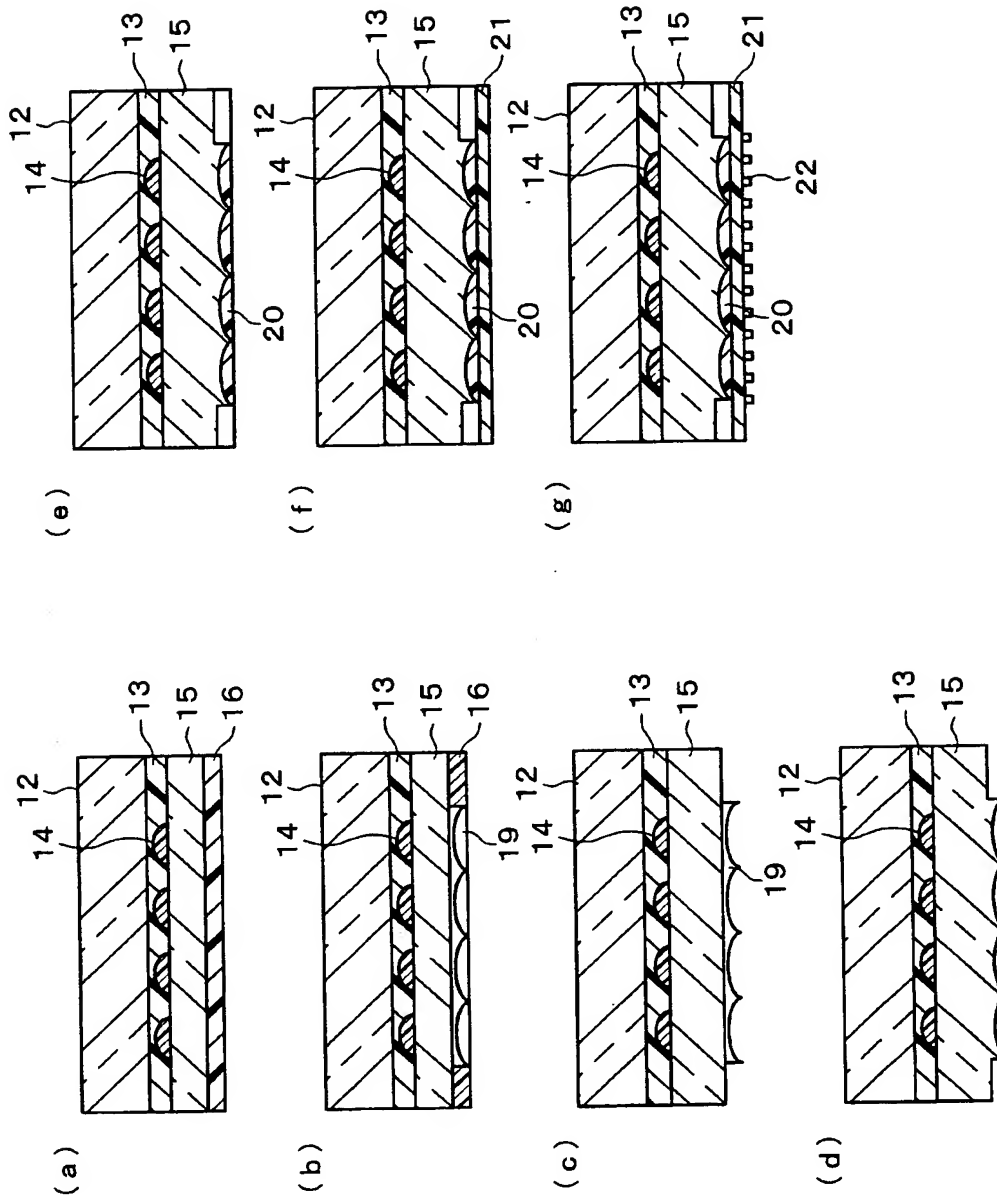
【図 3】



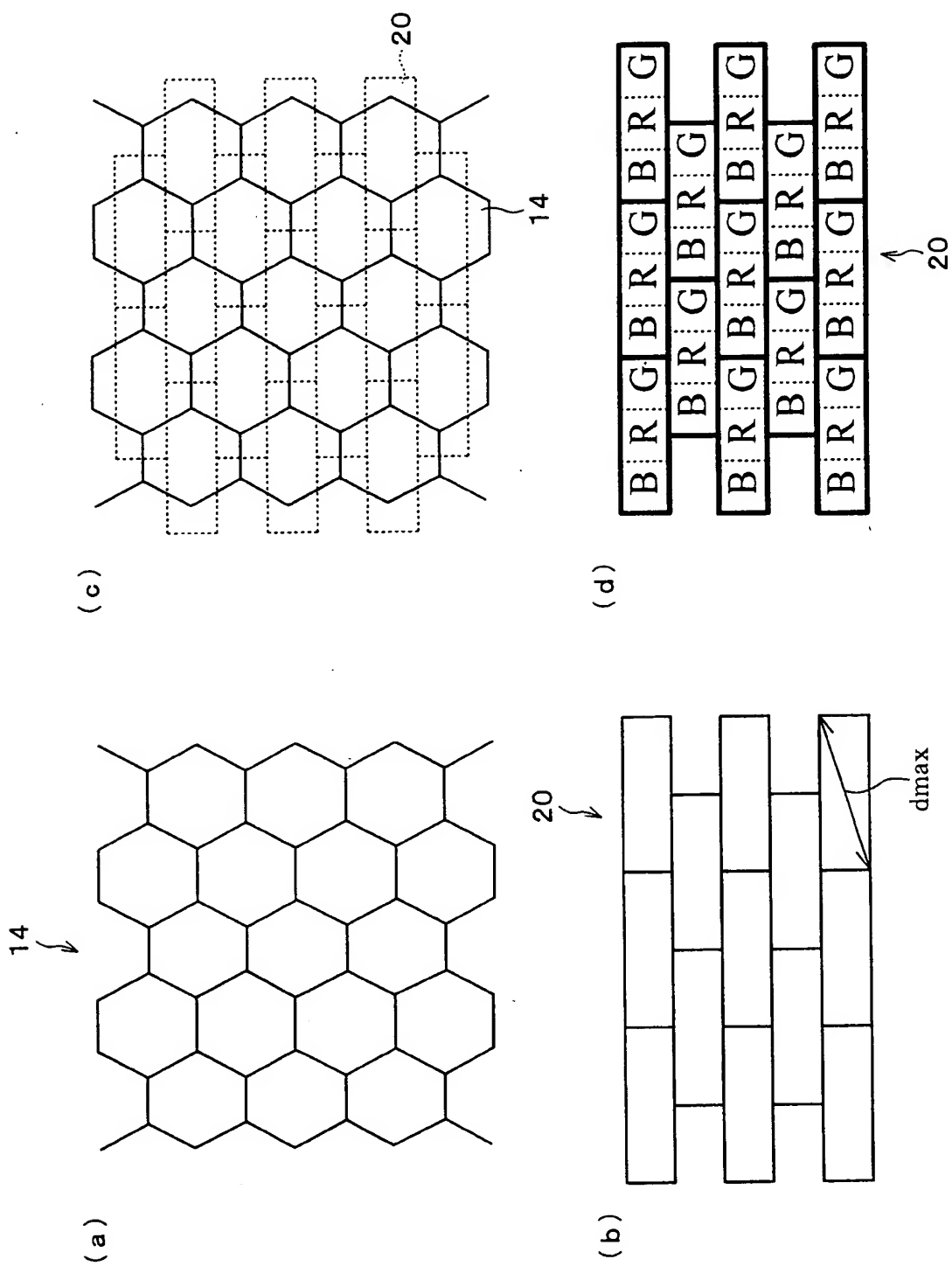
【図 4】



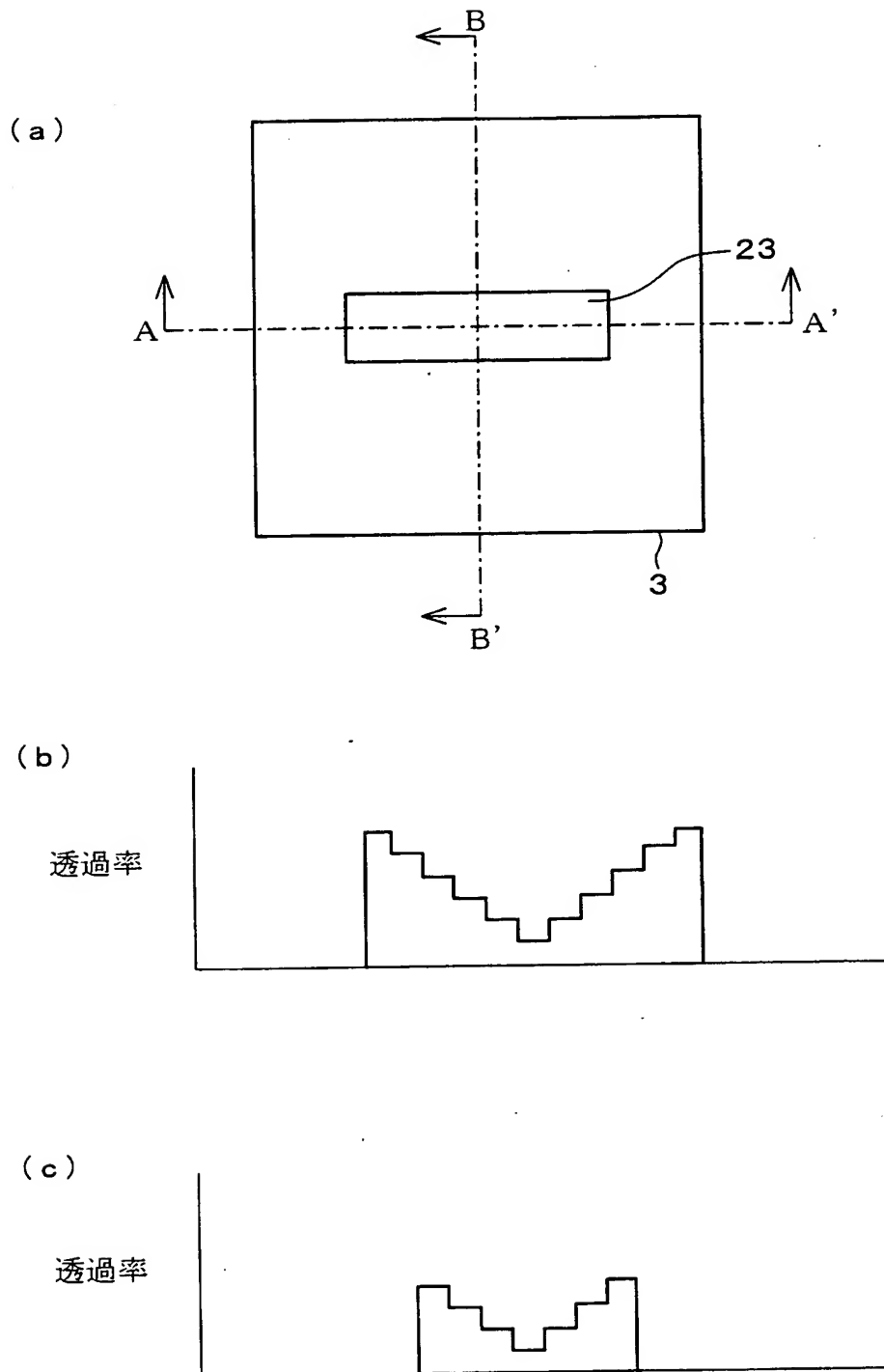
【図 5】



【図 6】

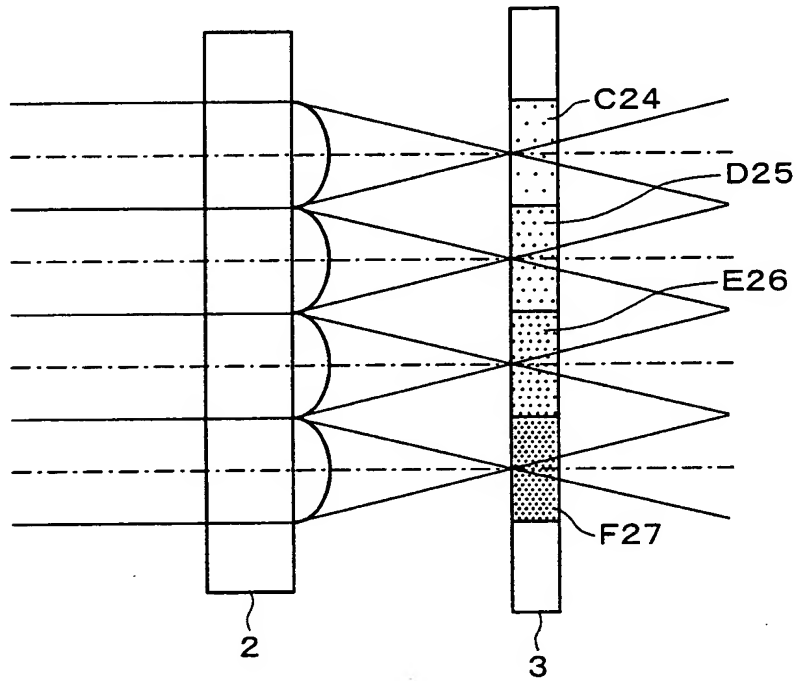


【図 7】

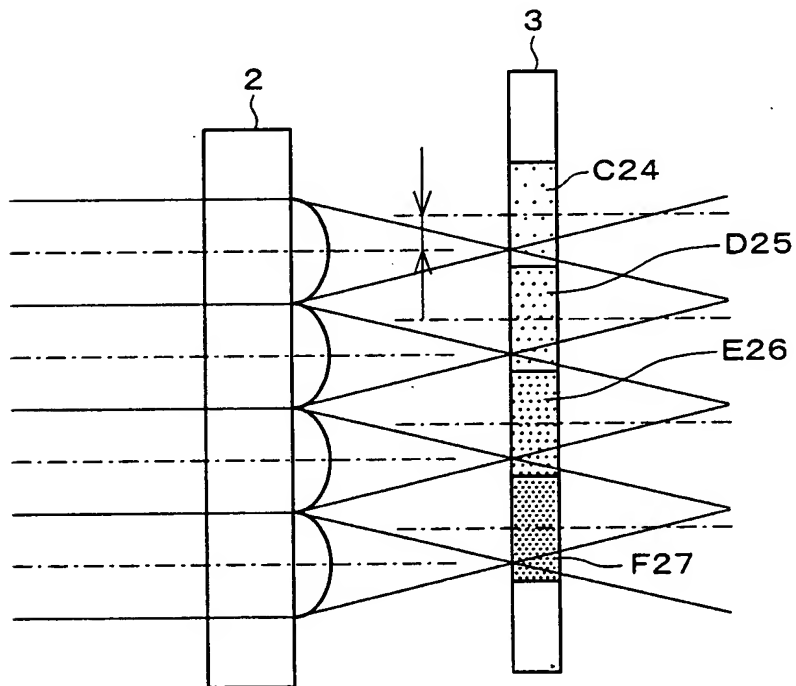


【図 8】

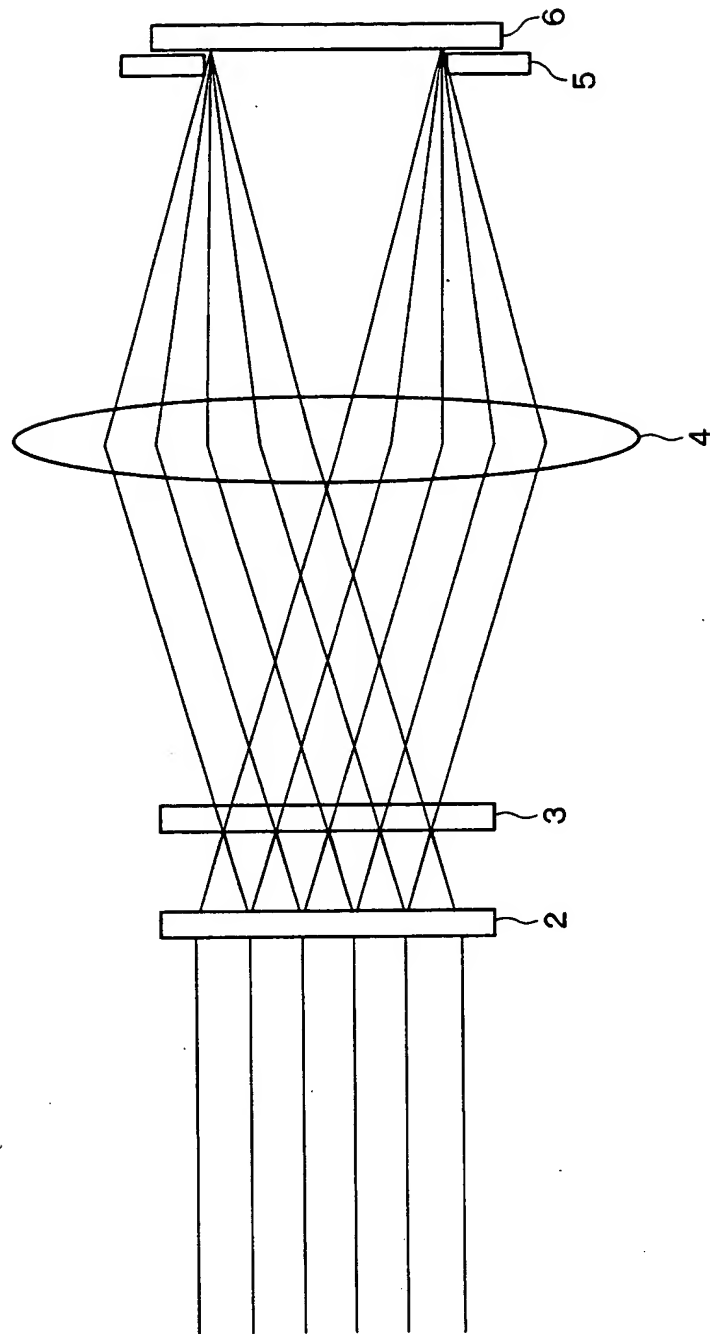
(a)



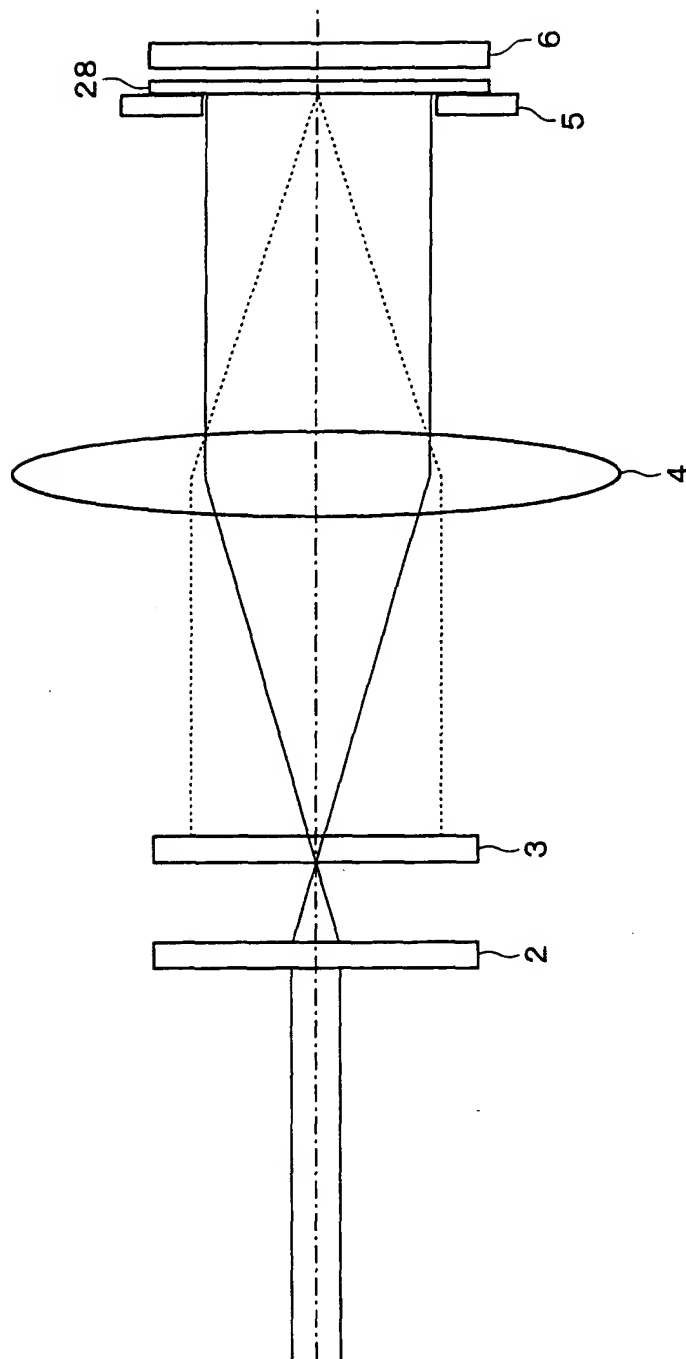
(b)



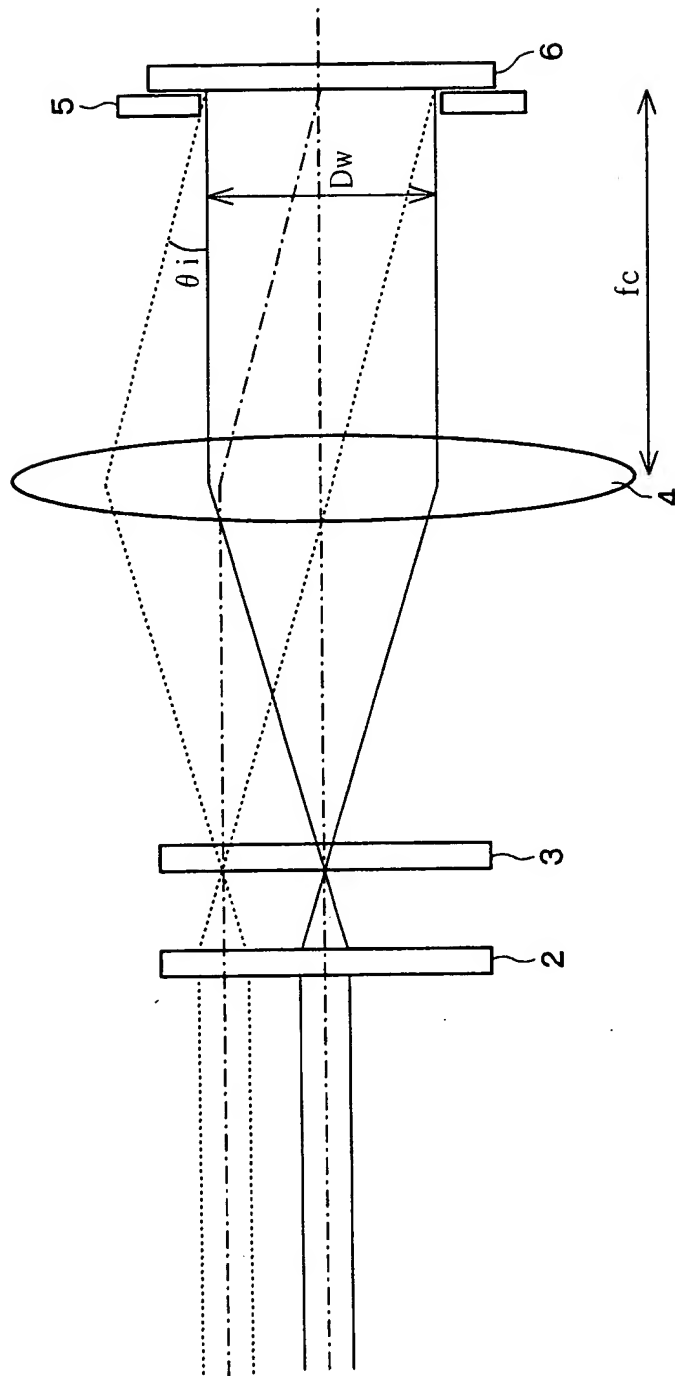
【図 9】



【図10】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 位置合わせが容易で、高精度なマイクロレンズアレイの露光装置、及び高精度かつ光効率の高いマイクロレンズアレイの露光方法を提供する。

【解決手段】 マイクロレンズアレイの露光装置は、光源からの光束を2次点光源化するマイクロフライアイレンズ2と、上記2次点光源化された光の輝度を調節する透過率分布マスク3と、上記輝度調節された光を複数の平行光束化し、予め形成された第1マイクロレンズアレイを介して、第2マイクロレンズアレイを形成する感光性樹脂に導くコリメータレンズ4とを備えている。光源から出射された光は、マイクロフライアイレンズ2、透過率分布マスク3及びコリメータレンズ4を透過し、所望の照度に調節された後にマイクロレンズ基板6の感光性樹脂を露光する。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005049]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
氏 名	シャープ株式会社